

Univerzita Karlova v Praze
Pedagogická fakulta
Katedra biologie a environmentálních studií

Členovci jako původci parazitóz člověka
(*Arthropods as a Cause of Human Parasitoses*)

Bakalářská práce

Autor: Andrea Linhartová
Vedoucí: prof. RNDr. Lubomír Hanel, CSc.

Praha 2014

Abstrakt:

Tato bakalářská práce je zaměřená na problematiku členovců jako ektoparazitů člověka. Jejím cílem je vytvoření přehledu vybraných druhů členovců, které mohou být pro člověka patogenní. Přehled se týká především druhů žijících v České republice. Dále bude práce obsahovat informace o jejich charakteristice, morfologii, vývoji a příznacích napadených hostitelů

Klíčová slova:

Členovci, ektoparazité, člověk, nemoc, přenos

Abstract:

This bachelor's thesis is focused on the issue of arthropods as ectoparasites of man. Its aim is to create a list of selected arthropod species that may be pathogenic to humans. The overview concerns primarily species living in the Czech Republic. Furthermore the thesis will include information about their characteristics, morphology, development and symptoms of infected hosts

Key words:

Arthropods, ectoparasites, human, disease, transmission

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Lubomíra Hanela, CSc. s vyznačením všech použitých pramenů a spoluautorství.

Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů. Práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 27. 6. 2014

Podpis: Andrea Linhartová

Poděkování:

Děkuji prof. RNDr. Lubomíru Hanelovi, CSc. za odborné vedení mé bakalářské práce. Za jeho cenné rady, připomínky, vstřícný přístup a trpělivost, které mi pomohli při jejím vypracování. Také děkuji své rodině a přátelům, za veškerou pomoc a podporu.

Obsah:

Úvod:.....	7
1 Klasifikace parazitismu a vztah mezi hostitelem a parazitem	8
1.1 Šíření parazitů v hostitelských populacích	10
1.2 Interakce parazita a hostitele v průběhu evoluce organismů	11
1.2.1 Rychlost evoluce parazitů a výsledky vzájemných interakcí mezi nimi a hostiteli	12
1.2.2 Jakými způsoby může parazit napomáhat ke svému přenosu?	15
2 Kmen členovci (<i>Arthropoda</i>).....	17
2.1 Fylogeneze členovců.....	18
2.1.1 Systematické dělení členovců (<i>Arthropoda</i>)	18
2.2 Utváření těla členovců.....	21
3 Parazitičtí členovci.....	26
3.1 Škodlivost členovců ve vztahu k lidskému zdraví.....	26
3.2 Formy parazitace.....	29
3.3 Způsoby boje s parazitickými členovci a jejich možné využití	30
4 Vybrané druhy členovců parazitujících na člověku či přenášející choroby	33
4.1 Řád: roztoči (<i>Acarí</i>)	35
4.1.1 Čeleď: čmelíkovití (<i>Dermanyssidae</i>)	36
Čmelík kuří (<i>Dermanyssus galinae</i>).....	36
4.1.2 Čeleď: klíšťatovití (<i>Ixodidae</i>)	37
Klíště obecné (<i>Ixodes ricinus</i>)	40
4.1.3 Čeleď: zákožkovití (<i>Sarcoptidae</i>)	44

Zákožka svrabová (<i>Sarcoptes scabiei</i>)	44
4.1.4 Čeleď: trdníkovití (<i>Demodicidae</i>)	46
Trudník tukový (<i>Demodex folliculorum</i>)	46
4.2 Řád: <i>Phthiraptera</i>	47
Veš šatní (<i>Pediculus corporis</i>)	48
Veš dětská (<i>Pediculus capitis</i>)	49
Veš muňka (<i>Phthirus pubis</i>)	50
4.3 Řád: <i>Hemiptera</i>	51
Štěnice domácí (<i>Cimex lectularius</i>)	51
4.4 Řád: dvojkřídli (<i>Diptera</i>)	53
4.4.1 Čeleď: komárovití (<i>Culicidae</i>)	54
4.5 Řád: blechy (<i>Siphonaptera</i>)	56
Blecha lidská (<i>Pulex irritans</i>)	57
Závěr:	58
Internetové zdroje:	60
Použité zdroje:	62

Úvod:

Cílem této práce je vytvoření základního přehledu členovců parazitujících na povrchu lidského těla. Tito členovci působí větší či menší problémy lidem po celém světě a jsou také přenašeči mnohých bakterií, virů a jiných patogenních agens, které mohou mít pro lidský organismus fatální následky.

Práce je rozdělena do čtyř částí. V první části se zabývám především klasifikací různých druhů parazitismu, způsoby, kterými se parazité rozšiřují mezi svými hostiteli. Další kapitoly jsou zaměřeny na evoluční vývoj parazitů a interakce parazitů a hostitele. V neposlední řadě se zabývám otázkou, jakými mechanismy může parazit napomáhat svému přenosu v hostitelských populacích.

Ve druhé části se více dopodrobna zabývám kmenem členovců (*Arthropoda*), fylogenezí, utvářením jejich těla a tím, jakým způsobem je v současné době systematicky rozděluje.

Třetí část je zaměřena na bližší seznámení se skupinou parazitických členovců. Zabývám se zde tím, jak jsou pro lidské zdraví škodliví, jakými způsoby parazitují na člověku a způsoby, jakými se mohou lidé proti parazitickým členovcům bránit.

Poslední část pak obsahuje přehled vybraných druhů ektoparazitických členovců, které jsem se do této práce rozhodla zařadit. Jsou zde popisovány jejich hlavní charakteristiky, morfologické znaky, místa, na kterých se vyskytují. Dále se také zabývám tím, jaké příznaky se objevují po jejich napadení případně, jaké patogenní agens přenášejí.

1 Klasifikace parazitismu a vztah mezi hostitelem a parazitem

Základní definice praví, že parazit je organismus, který v některé z fází svého životního cyklu využívá hostitele jako zdroj potravy i jako stálé nebo dočasné prostředí, a tímto hostitelskému organismu přímo nebo nepřímo škodí. Hostitelem přitom může být živočich, rostlina, houba, ale i prvok, řasa nebo bakterie. Mezi parazity lze řadit nepřeberné množství organismů od virů, přes tasemnice, až například po rybu hořavku. Za zvláštní typy parazitismu pak považujeme kleptoparazitismus a hnízdni parazitismus. Jako kleptoparazitismus označujeme chování některých druhů živočichů, kteří kradou jiným živočichům již ulovenou potravu. Takovýmto způsobem se živí chaluha příživná (*Stercorarius parasiticus*), která ostatním mořským ptákům krade potravu přímo v letu. Kleptoparazitismus se ovšem netýká pouze ptáků, ale také různých druhů hmyzu. Je znám i u naší hojně se vyskytující kutilky písečné (*Ammophila sabulosa*), samice tohoto druhu si navzájem kradou ulovené larvy. Hnízdni parazitismus je jednou z rozmnožovacích strategií, která spočívá v nakladení vajec do hnízda jiného druhu. Rozlišujeme jeho dva druhy. Hnízdni parazitismus příležitostný, kdy jsou vejce kladena do hnízd vlastního nebo příbuzného druhu pouze příležitostně. Do této skupiny můžeme zařadit například špačka obecného (*Sturnus vulgaris*), či vlaštovku obecnou (*Hirundo rustica*). Hnízdni parazitismus pravý se definuje jako systematické kladení vajec do hnízd jiného druhu, či druhů. Takto se rozmnožující druh sám o vejce nikdy nepečuje. U nás nejznámějšími druhy, které tuto strategii používají, jsou kukačka obecná (*Cuculus canorus*), ale také někteří bezobratlí, jako určité druhy včel (*Nomadinae*) nebo ryby, kde klasickým příkladem je peřovec kukaččí (*Synodontis multipunctata*) (Veselovský, 2005; Andreska a Hanel, 2009; Bogusch, 2010).

Co se týče škodlivosti parazita pro hostitele, rozeznáváme širokou škálu vztahů. Komenzálové pro svého hostitele nepředstavují větší problém, nejsou pro hostitele téměř či vůbec škodliví. Ale například parazitoidi musí pro dokončení svého vývoje hostitele zahubit ještě před tím, než dokončí svůj vývin. Mezi parazitoidy můžeme zařadit lumčíka rodu *Dacnusa sibirica*, jehož samička naklade vajíčka do larvy vrtalky.

Vajíčko se uvnitř larvy vrtalky vyvíjí, živí se její hemolymfou a postupně larvu zahubí. Další skupinou snižující fitness hostitele jsou kastrátoři. Ti svému hostiteli znemožní možnost dalšího rozmnožování. Z hlediska evolučního se ale znemožnění rozmnožení rovná usmrcení. Zastánci takovéto životní strategie jsou např. zástupci řádu řasnokřídlých (*Strepsiptera*) (Bogusch, 2010; Hampl, 2010).

Cest, jak lze docílit parazitického způsobu života je několik. Parazit již musí mít určité preadaptace, například sací ústní ústrojí. Fakultativní parazité ke svému životu nepotřebují výlučně hostitele, ale za určitých podmínek ho vyhledají. Dá se proto soudit, že jsou předstupněm parazitického způsobu života. Jako další z takovýchto předstupňů můžeme považovat forézii, při níž hostitel slouží pouze jako přepravní prostředek jiného organismu. Z forézie se může jednoduše vyvinout obligátní parazitismus, při němž parazit už není bez svého hostitele schopen přežít a rozmnožit se. Kladů forézie využívají nymfální stádia roztočů sladokazů (hypopus), kteří se přichytí na ostatní hmyz a nechají se jím přenést do vhodnějšího prostředí (Laštůvka, 2000).

Další cestou od volného způsobu života k parazitickému je postupná evoluční adaptace a náhodné pozření hostitelem. Nejprve si potencionální parazit vytvoří obranný mechanismus, který mu usnadní průchod trávicím traktem hostitele, poté se naučí z hostitele získávat živiny (Volf, 2007).

Saprophytismus je třetí cestou. Saprophyté využívají živiny z mrtvých těl jiných organismů. Někteří ale svého hostitele napadnou ještě živého a teprve po jeho usmrcení z něj získávají látky potřebné pro svůj život. Za saprophyta můžeme označit gram-pozitivní bakterii *Clostridium botulinum*, produkující botulotoxin a tím ohrožující lidské zdraví, či václavku hlíznatou (*Armillaria gallica*), která se živí rozkládajícími se částmi především listnatých stromů (Hampl, 2010).

Z hlediska životních strategií jsou parazité děleni na mikroparazity a makroparazity. Jak by se mohlo na první pohled zdát, toto dělení nezávisí na velikosti

parazitů, ale na jejich počtu, který způsobí patogenní projevy. Mikroparaziti se v těle svého hostitele množí. Onemocnění jimi způsobené má rychlý průběh a vede buď ke smrti hostitele, nebo k jeho uzdravení a vzniku imunity proti reinfekci. Takto napadají svého hostitele převážně bakterie, viry, houby a prvoci. Na rozdíl od nich se makroparaziti v tělech svých hostitelů nezmnožují, ale tvoří infekční stádia a ty se přenášejí na další hostitele. V tomto případě závisí patogenní projevy zcela na počtu infikujících jedinců. Infekce je chronická, ale mortalita nedosahuje příliš významných čísel. Do této skupiny řadíme především helminty a členovce (Laštůvka 2000; Flegr, 2006).

Z hlediska životních cyklů rozdělujeme parazity na monoxenní (jednohostitelské) a heteroxenní (vícehostitelské). Podle toho, kde probíhá rozmnožovací fáze, dělíme hostitele v rámci heterogenních cyklů na mezihostitele (pouze asexuální množení) a definitivní hostitele (sexuální část cyklu). Z hlediska umístění parazita na hostiteli je dělíme na endoparazity žijící uvnitř těla hostitele a na ektoparazity žijící na povrchu těla hostitele. Parazité ale nežijí pouze na těle, nebo přímo v těle hostitele, ale i v jeho příbytcích, takovýmto druhům pak říkáme nidikolní parazité. Příkladem takového nidikolního parazita je brouk lesknáček úlový (*Aethina tumida*), jenž obývá hnízdiště včel a živí se jejich zásobami. Patogenní pro včelstvo sice není (Jírovec, 1977; Přidal, 2007), ale způsobuje devastaci pláství (Přidal, 2007).

1.1 Šíření parazitů v hostitelských populacích

Šíření parazitů v hostitelských populacích může probíhat více způsoby. Prvním z nich je horizontální přenos, který probíhá mezi jedinci nepříbuznými. Sexuální přenos probíhá mezi sexuálními partnery určitého druhu. Někteří parazité se prvoplánově přenášejí na potomstvo infikovaného hostitele. Takový způsob přenosu pak nazýváme vertikální (Volf, 2007).

Parazit potřebuje svého hostitele udržovat alespoň dočasně naživu, aby mu mohl poskytovat životní prostředí. Jeho zájem, mimo jiné, je i schopnost rozmnožování hostitele, to platí především pro transovariální přenos parazita z rodičů na potomky (Volf, 2007).

Z evolučního hlediska má vztah parazita a hostitele koevoluční charakter. Tento vztah sebou bezpodmínečně musí přinášet řadu jevů, se kterými se v ostatních systémech nesetkáváme (Begon, 1997; Flegr, 2005). Během evoluce se tak průběžně mění způsoby obrany hostitele před parazitem ale i překonávání různých obranných mechanismů hostitele parazitem. Princip vztahu ale zůstává (Flegr, 2005).

1.2 Interakce parazita a hostitele v průběhu evoluce organismů

Hybnou silou přizpůsobování organismů je bezpodmínečně změna životního prostředí. Změny životního prostředí neprobíhají skokově, ale většinou se projevují pozvolna a rozsahově na velkém území. Organismy proto mají dostatek času se těmto změnám přizpůsobit. Je zcela jasné, že během dlouhého vývoje Země docházelo i k náhlým změnám životního prostředí. Bylo to například po dopadu meteoritů, či malých planetek na zemský povrch. Tyto skokové změny ale ovlivňují spíše makroevoluci než mikroevoluci, neboť většina druhů se s nimi po dobu existence svého druhu (zpravidla je to několik milionů let) nesetká, v opačném případě jsou změny tak razantní, že pod jejich tíhou vyhynou (Flegr, 2005; Flegr, 2006).

Vše co jsem dosud uvedla, se týká pouze změn abiotických faktorů prostředí. Biotické faktory jsou výsledkem vzájemných interakcí jednotlivých druhů organismů. Mění se neustále v průběhu existence jednotlivých druhů. Tempo je dáno tím, jak rychle se dokáží jednotlivé druhy evolučně přizpůsobovat. *„Interakce dravce s kořistí, parazita s hostitelem, konkurence mezi jednotlivými druhy dravců nebo parazitů a neustálé změny vlastností jednotlivých interagujících členů, ke kterým dochází*

v důsledku mikroevoce všech nebo některých druhů, s sebou přináší neustálý tlak na vzájemné přizpůsobování se měnícím biotickým faktorům prostředí. Jediná změna v některém z těchto faktorů, například vyhubení určitého druhu kořisti, vymření určitého dravce nebo vznik rezistence určitého druhu proti některému parazitu, přitom může vést k lavinovitým změnám v celém ekosystému a vytváří přímý nebo zprostředkovaný selekční tlak na evoluční změny velkého množství druhů organismů” (Flegr, 2005). Z toho vyplývá, že hlavní hnací silou biologické evoluce jsou výše popsané interakce mezi různými druhy organismů a selekční tlaky z těchto interakcí vyplývající.

Ač se to může zdát nepříliš pravděpodobné, fenomén parazitismu je velice rozšířen, dokonce je životní strategií značné části organismů na Zemi. Změny, které v průběhu evoluce prodělávají jak parazité, tak i hostitelé jsou spolu těsně spojeny a jsou velmi intenzivní. „*Lze proto očekávat, že velká část biologické evoluce a velké procento adaptivních znaků vytvořených v rámci biologické evoluce souvisí nějakým způsobem právě s jevem parazitismu*” (Flegr, 2005; Kochin, 2010).

1.2.1 Rychlost evoluce parazitů a výsledky vzájemných interakcí mezi nimi a hostiteli

Ve vztahu parazita a hostitele je parazit v roli útočníka, což mu dává určitou výhodu. Další jeho výhodou je jeho životní strategie a biodemografické parametry. Co se týče vegetativních potřeb, přenechává je parazit ve velké míře na bedrech hostitele, což mu umožňuje vkládat velké množství zdrojů do produkce potomstva. Někteří z nich za svůj život vyprodukují velké množství potomků. Jako příklad může sloužit tasemnice, která za jediný den vyprodukuje neuvěřitelných 720 000 vajíček (Volf, 2007).

Jestliže je druh za jeden den schopen vyprodukovat tak velké množství vajíček, má to velký vliv na evoluci jeho adaptivních znaků. Zdaleka ne všichni potomci se dočkají pohlavní dospělosti. Té se dožijí pouze ti nejodolnější jedinci, kteří mohou nést

ve svém genomu určitou výhodu, jež se předává do další generace. V tomto případě hraje velkou roli evoluční výběr, který může probíhat velmi rychle. K tomu přispívá i fakt, že generační doba parazitů je mnohdy mnohonásobně kratší, než generační doba hostitele a evoluce hostitele pak může probíhat pomaleji, než evoluce parazita (Kochin, 2010).

Na výsledcích vztahu parazita a hostitele, nejsou oba jmenovaní zainteresováni stejnou měrou. Pro parazita představuje potencionální prohra s hostitelským organismem z valné většiny smrt, pro hostitele pouze větší nebo menší snížení fitness. To platí i přes to, že někteří parazité své hostitele usmrtí anebo je připraví o možnost rozmnožit se. V tomto případě se jedná o netypickou situaci, protože v nejvyšším zájmu parazita je svého hostitele neusmrcovat. Jde tu o princip večeře, nebo život. Ten se uplatňuje nejen ve vztazích hostitele a parazita, ale i v mnoha jiných, například v systému typu dravec a kořist. „*Zjednodušeně řečeno, zajáci běhají rychleji než liška z toho důvodu, že jim jde při tomto běhu o život, zatímco lišce jde ve stejném okamžiku pouze o večeři*” (Flegr, 2005).

Dalším z důvodů rychlejších evolučních změn u parazitů je fakt, že populace parazita je dlouhodobě vystavována intenzivnějšímu a systematictějšímu působení selekčního tlaku. Působení parazita je vystavována pouze část generace hostitelů, zatímco všichni jedinci parazitického druhu musí najít hostitele, s nímž mohou interagovat. Parazité jsou proto neustále vystavováni selekčnímu tlaku ze strany hostitele, zatímco hostitelé jsou tlaku ze strany parazita vystavováni nesystematicky. Roli hraje i fakt, že parazit velmi intenzivně působí na populaci hostitele a není výjimkou, že vymezuje areál výskytu určitého druhu. Příkladem může být situace na některých územích Afriky, kde všudypřítomné trypanosomy znemožňují farmářům chov dobytka a tímto způsobem de facto znemožňují přežití lidského druhu na postižených územích (Volf, 2007).

Obranný systém hostitele parazit vždy dokáže překonat. Je to, jak již bylo řečeno, způsobeno rychleji probíhajícími evolučními změnami. Tyto specializace ale nemají pro parazita pouze kladný dopad. Parazit specializovaný pouze na jeden druh si nemůže dovolit jeho úplné vyhubení, to by totiž v důsledku znamenalo konec jeho samotného. Zmenšování hostitelského spektra může vést až ke stavu, kdy je daný parazit schopen dokončit svůj vývojový cyklus pouze v hostitelích jednoho druhu. Diametrálně odlišná je situace u nespecializovaných parazitů s širokým spektrem hostitelských druhů. Ti si mohou dovolit jeden druh svého hostitele vyhubit (Flegr, 2005).

Intenzita působení parazita na populaci hostitele může být velice markantní. V některých případech mohou parazité udržovat hostitelskou populaci na konstantní hladině, přičemž tato hladina je velmi stabilní. Systém parazit - hostitel můžeme, stejně tak jako systém dravec - kořist, přiřadit k regulačním systémům typu turbidostat. „*To znamená, že populace hostitele je v systémech regulovaných působením parazita vystavena selekci r, tj. selekci na větší rychlost množení (nikoli na účinnější využívání zdrojů živin). To má za následek, že druh nevyužívá zdroje až k hranici únosnosti prostředí, takže jejich větší či menší část je ponechána k dispozici dalším druhům vyskytujícím se v daném prostředí. Tímto mechanismem patrně přispívá fenomén parazitace velmi účinně k udržování vysoké biodiverzity v reálných ekosystémech*“ (Flegr, 2005). Z tohoto úryvku jasně vyplývá, že přírodní ekosystémy by byly bez přítomnosti parazitů výrazně chudší a využívání jejich zdrojů menší.

Parazity využívané životní prostředí je z pohledu obsahu živin sice velice bohaté, ale z hlediska času, po který se na něm může parazit živit je pouze dočasné. Stanoviště parazita je z hlediska času ohraničeno smrtí jeho hostitele. Zemře-li hostitel, ve většině případů je k záhubě odsouzena i celá populace parazitů živících se na něm (Volf, 2007).

Pro volně žijící organismy jsou parametrem určujícím jejich biologickou zdatnost rychlost rozmnožování a jejich schopnost co nejlépe využít potravní zdroje. Pro parazita je ale hlavním faktorem schopnost rychlého přenosu na neinfikovaného hostitele. To je důvodem, proč většina změn, ke kterým v jejich evoluci došlo, se týká způsobu přenosu na nového hostitele. Typickým přizpůsobením je například optimalizace rychlosti množení parazita v těle nebo na těle hostitele. Přílišné namnožení parazita v hostitelském organismu by mohlo vést k jeho poškození. Proto parazit, který je dobře adaptován svého hostitele příliš nepoškozuje. Poměrně rozšířeným způsobem adaptací je vytváření klidových stádií, která jsou schopna v infekčním stavu přečkávat ve volné přírodě do té doby, než se naskytne možnost dostat se do vhodného hostitele. Mezi evoluční přizpůsobení můžeme zahrnout také mnohdy velice komplikované životní cykly nebo schopnost parazitů měnit vzorce chování svého hostitele a tímto způsobem napomoci svému rozšíření (Begon, 1997).

V souvislosti s adaptacemi stojí za zmínku dva pojmy, jsou to infekčnost a patogenita. Infekčnost je schopnost infikovat další jedince hostitelského druhu, zatímco patogenita je schopnost poškozovat vitalitu nakaženého jedince. Infekčnost nemusí vždy souviset s rychlostí, kterou se parazit množí a produkuje infekční stadia. I menší počet potomků, kteří mají dostatek zásobních zdrojů, může nakazit větší počet nových hostitelů, než větší počet potomků, jež dostatek zdrojů nemají. Patogenita také umožňuje rozpoznat parazita imunitním systémem hostitele, takže paradoxně jedinci, kteří mají horší klinické příznaky parazitózy, mají i lepší prognózu vedoucí k uzdravení, než ti, u kterých se klinické příznaky dostavily v menší míře (Volf, 2007).

1.2.2 Jakými způsoby může parazit napomáhat ke svému přenosu?

Parazit je v těsném kontaktu se svým hostitelem a tento těsný kontakt mu dává příležitost cíleně zasahovat do fungování hostitelského organismu. Je schopen pro svůj užitek měnit různé vlastnosti hostitele, jako je morfologie, regulace metabolismu a alokace energie. Mohou také zasahovat do nervového systému hostitele a působit tak

změny v jeho chování. Jedním z parazitů, který mění chování svého hostitele je i metacerkárie motolice kopinaté (*Dicrocoelium dendriticum*). Svého hostitele, mravence, ovlivní tak, že se na vrcholu listů rostlin zakusuje a čeká na pozření definitivním hostitelem motolice (býložravcem), který rostlinu spase. Příkladem morfologických změn podmíněných činností parazita je vznik rostlinných hálek, útvarů, které se tvoří v důsledku působení růstových hormonů produkovaných larvami žlabatek, ale i jiným hmyzem, případně roztoči. Řada genů parazitů se během evoluce fixovala a prostřednictvím svých produktů ovlivňuje vlastnosti organismu hostitele. Mnoho z vlastností těla hostitele tak napomáhají šíření genů parazita a nikoliv šíření genů vlastních (Flegr, 2005; Horák, 2010).

Parazit také zasahuje do imunitního systému hostitele. Působí jako pasivní agens a jeho přítomnost v hostitelském organismu vyvolá specifickou odpověď imunitního systému, jindy působí aktivně. Aktivně působí například *Toxoplasma gondii*, která dokáže u infikované myši vyvolat apoptózu T-lymfocytů a snížit tak obranyschopnost nakažených zvířat. Pokud bude jedinec na hostiteli parazitovat opakovaně, je v jeho nejlepším zájmu zabránit imunologické reakci. Takovýmto opakovaným parazitem jsou zástupci řádu blech (*Siphonaptera*). Naopak, když hrozí, že bude hostitel opakovaně infikován nepříbuznými jedinci je daleko výhodnější, když svého hostitele imunizuje proti invazním stádiím parazita a změní své antigeny, například tasemnice (*Cestoda*), anebo přejde na dalšího hostitele, než se imunitní reakce stihne plně rozvinout jako u zástupců čeledi klišťata (*Ixodidae*) (Lewis, 2002; Flegr, 2005).

2 Kmen členovci (*Arthropoda*)

Populace členovců na celém světě dosahuje velikosti až 10^{18} jedinců. Většina, z dosud popsáných 1 000 000 druhů patří mezi hmyz. Vyskytují se téměř ve všech typech životního prostředí, představují 2/3 všech živočišných druhů a díky druhové rozmanitosti jsou považováni za nejúspěšnější živočišný kmen (Zahradník, 2004).

Těla členovců jsou článkovaná a kryta kutikulou. Jejich končetiny i jiné tělní části jsou přizpůsobeny různým životním strategiím. Vnější kostra je tvořena kutikulou, která se sama skládá z několika vrstev, jež obsahují chitin a bílkoviny. Slouží jako ochrana před nadměrným vypařováním a v neposlední řadě se na ní upínají svaly. Nevýhodou kutikuly je její pevnost, která značně omezuje růstu živočicha, který je nucen ji během života svlékat (ekdyze) a nahrazovat novou. Celý tento proces je vysoce energeticky náročný a živočich je během tvorby nové kutikuly velmi zranitelný (Jírovec, 1977; Pokorný, 2004). Podněty z vnějšího okolí vnímají smyslovými orgány, jako jsou oči, čichové receptory a tykadla. Díky kutikule bylo členovcům znemožněno kožní dýchání, a proto se musely vytvořit jiné mechanismy umožňující dýchání. Většina vodních členovců dýchá žábrami, u suchozemských druhů jsou vyvinuty vzdušnice (tracheje). Cévní soustava je otevřená, hřbetní cévou proudí hemolymfa odzadu dopředu. (Pokorný, 2004; Zahradník, 2004).

Nervová soustava členovců je tvořena systémem uzlin (ganglií), které leží na břišní straně tělní dutiny. Tomuto systému ganglií říkáme břišní nervová páska. Břišní nervová páska je u některých řád hmyzu značně modifikovaná. Některé uzliny spolu mohou splývat a vytvářet jednu velkou uzlinu (Pokorný, 2004).

2.1 Fylogeneze členovců

Taxonomické dělení členovců je velmi složité a v současné době je používáno rozdělení podle Zhanga (2011) a Giribeta a Edgecombeho (2012):

Podkmen: trojlaločnatci (*Trilobitomorpha*) (vyhynulí)

Podkmen: nohatky (*Pycnogonida*)

Podkmen: klepítkatci (*Chelicerata*)

Podkmen: stonožkovci (*Miriapoda*)

Podkmen: korýši (*Crustacea*)

Podkmen: šestinozí (*Hexapoda*)

Přechod z vodního prostředí členovců usnadnila vnější kostra. U trojlaločnatců (*Trilobitomorpha*) a nohatek (*Pycnogonida*) zastávala funkci obranou a sloužila pro úpony svalů. U suchozemských živočichů pak zabraňuje ztrátám vody a zvyšuje jejich mechanickou odolnost. Klepítkatci (*Chelicerata*), stonožkovci (*Myriapoda*) a šestinozí (*Hexapoda*) se na Zemi rozšířili během pozdního siluru a začátku devonu (Campbell, 2006).

2.1.1 Systematické dělení členovců (*Arthropoda*)

Kmen: členovci (*Arthropoda*)

Podkmen: trojlaločnatci (*Trilobitomorpha*)

Třída: trilobiti (*Trilobita*)

Podkmen: nohatky (*Pycnogonida*)

Podkmen: klepítkatci (*Chelicerata*)

Třída: hrotnatci (*Merostomata*)

Třída: pavoukovci (*Arachnida*)

Řád: bičovci (*Uropygi*)

Řád: krabovci (*Amblypygi*)

Řád: pavouci (*Araneae*)

Řád: sekáči (*Opiliones*)

Řád: štíři (*Scorpiones*)

Řád: štírci (*Pseudoscorpiones*)

Řád: solifugy (*Solifugida*)

Řád: roztoči (*Acari*)

Podkmen: korýši (*Crustacea*)

Třída: lupenonožci (*Branchiopoda*)

Třída: *Maxillopoda*

Třída: rakovci (*Malacostraca*)

Podkmen: stonožkovci (*Myriapoda*)

Třída: stonožky (*Chilopoda*)

Třída: stonoženky (*Symphyla*)

Třída: drobnušky (*Pauropoda*)

Třída: mnohonožky (*Dilopoda*)

Podkmen: šestinozí (*Hexapoda*)

Třída: skrytočelistní (*Entognatha*)

Třída: hmyz (*Insecta*)

(Zhang, 2011; Giribet a Edgecombe, 2012)

2.2 Utváření těla členovců

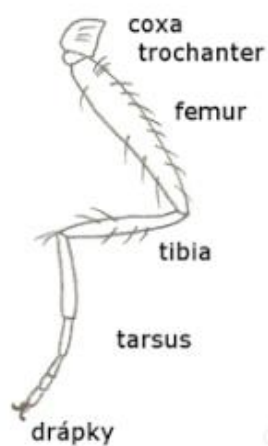
Tělo členovců se vyznačuje nestejným článkováním. Nohy jsou také článkované a přizpůsobené k pohybu během, skoky, lezením, plováním, šplháním a jinými způsoby. Jejich vnější kostra je inkrustována chitinem (neutrální mukopolysacharid), u některých skupin lze nalézt i vápenaté soli (Sedlák, 2005).

Jejich tělo je obvykle děleno na 3 části, hlavu (*caput*), hrud' (*thorax*) a zadeček (*abdomen*). Může se stát, že hlava splyne s hrudí, tomu pak říkáme *cephalothorax*. Na hlavě se nachází početná smyslová ústrojí jako oči (facetové nebo jednoduché), tykadla s různými typy brv (čichové, chuťové, hmatové), makadla a různě upravená ústní ústrojí. Ústní ústrojí jednotlivých skupin členovců se velmi liší. U klepítkatců (*Chelicerata*) se ústní ústrojí skládá z chelicer a makadel (*pedipalpy*), zatímco u hmyzu (*Insecta*) je ústní ústrojí složeno z horního pysku (*labrum*), párovitých kusadel (*mandibulae*), párovitých čelistí (*maxillae*) a spodního pysku (*labium*). U parazitických druhů členovců mohou být některé útvary ústního ústrojí redukovány, zcela přeměněny, nebo mohou zcela chybět (Pokorný, 2004).



Obrázek č. 1: Ústní ústrojí hmyzu (URL 1)

Na nohách členovců obvykle rozeznáváme těchto 6 článků, kyčle (*coxa*), příkyčlí (*trochanter*), stehno (*femur*), holeň (*tibia*), chodidlo (*tarsus*), drápek (*unguiculus*), které ale mohou být redukovány, či doplněny jinými (Daniel, 1989).



Obrázek č. 2: Kráčivá končetina hmyzu (URL 2)

Hrud' je většinou složena ze tří článků, na kterých se u suchozemských zástupců hmyzu nachází končetiny a křídla, u vodních členovců tam pak lze nalézt žábry. Zadeček hmyzu je většinou bez končetin. U samic jsou často vyvinuta kladélka, zatímco u samců různé typy více, či méně složitých kopulačních orgánů. Podle morfologických znaků kopulačních orgánů samečků je možné rozeznávat jednotlivé druhy (Zahradník, 2004).

Dýchání členovců je zajišťováno různými způsoby. Vodní členovci dýchají žábry (u korýšů jsou umístěny na hrudních nožkách), či je vyvinuto dýchání celým povrchem těla. Suchozemští pak vzdušnicemi (tracheje) či plicními vaky. Vzdušnice jsou trubice vyztužené spirálou z chitinu, které navenek vyúsťují průduchy (stigmata). Vzdušnice se v těle rozvětvují do tenkých kapilár, které vzduch vedou až k jednotlivým buňkám (Sedlák, 2005).

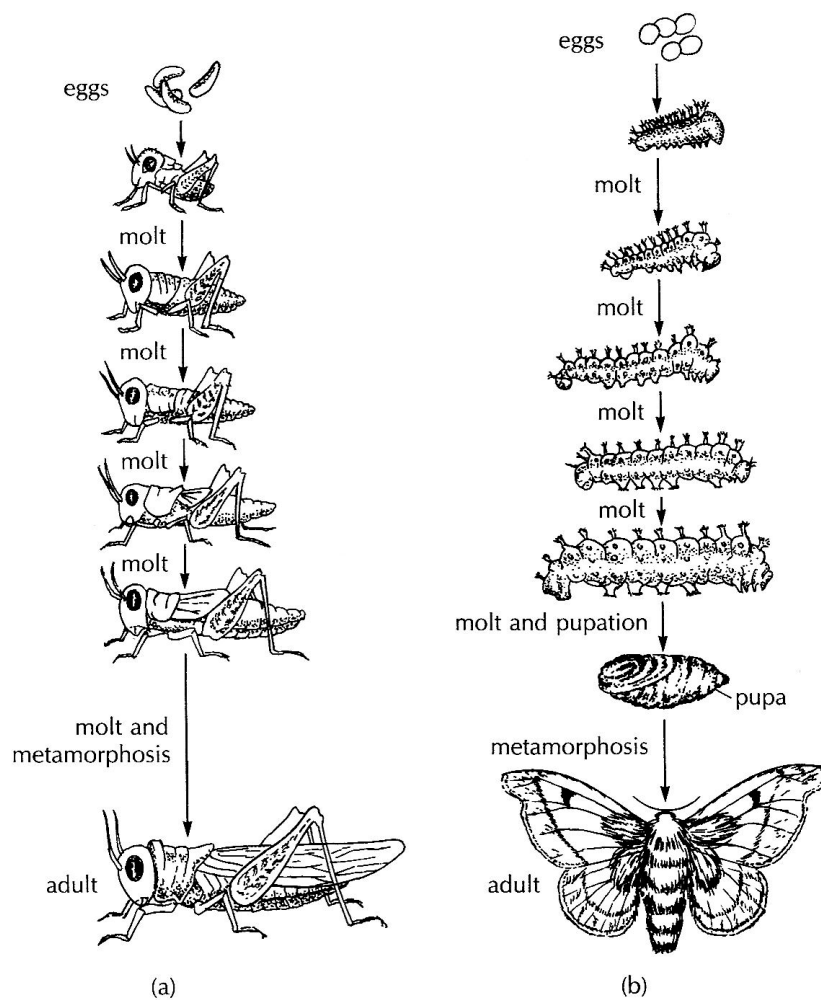
Nervová soustava je tvořena hlavovou zauzlinou (*ganglion cerebrale*), z níž vychází břišní nervová páska uložená v břišní části hrudi a břicha. V každém článku je pak jeden pár splynulých ganglií, neplatí to ale vždy, neboť u různých skupin lze nalézt časté modifikace (Zahradník, 2004).

Svalstvo je příčně pruhované. Srdce válcovité, či trubicovité umístěné na hřbetní straně. Cévní systém je otevřený, srdce pumpuje krev do tělních dutin. Trávicí soustava se dělí do 4 částí a to jícnu, žaludku, tenkého střeva a konečníku. U parazitických skupin jsou v přední části těla uloženy slinné žlázy. V dutině břišní je pak uloženo tukové těleso (*corpus adiposum*) (Jírovec, 1977).

U členovců se setkáváme s výraznými znaky pohlavního dimorfismu. Většinu členovců můžeme označit jako gonochoristy, pouze výjimečně se objevují znaky partenogenetického rozmnožování. Většinou se jedná o vnitřní oplození doprovázené typickým pohlavním chováním. Vaječníky samic jsou párové, trubicovité přičemž se vajíčka dostávají vejcovody (*oviducti*) do dělohy (*uterus*) a pochvou (*vagina*) pak z těla

ven. U samic některých skupin můžeme nalézt zvláštní chitínósní sklerotizované schránky (*receptaculum seminis*) ve kterých je při kopulaci hromaděno sperma. To je pak postupně vypuzováno k oplození vajíček. Varlata samečků jsou párová, trubicovitá, či váčkovitá. Sperma putuje chánovody (*vas deferens*) do semenných váčků (*vesiculae seminales*). K samičímu pohlavnímu ústrojí se připojují další žlázy (Daniel, 1989; Jírovec, 1997).

Většina členovců během svého vývoje projde metamorfózou, tj. larvální vývoj od vajíčka po pohlavně dospělého jedince (imago). Z vajíček se líhnou larvy, které se tvarově nepodobají dospělému jedinci a nemají ani plně vyvinuté pohlavní orgány. Ve stádiu larvy členovci rostou a dochází u nich k mnoha anatomickým a fyziologickým změnám, neboť některé larvy mají jiné orgány než dospělí jedinci. Skvělým příkladem jsou larvy jepic (*Ephemeroptera*) a pošvatek (*Plecoptera*), které žijí pod vodou a mají tracheální žábry. Některé larvy se i jen vzdáleně podobají dospělému jedinci a těm pak říkáme nymfy. Nymfy se během svého vývoje několikrát svlékají, ale nikdy se nekuklí. S každým novým svlékáním se tvarově i velikostí více podobají dospělému jedinci. K tomuto druhu larev jsou obvykle řazeni všichni zástupci řádu hmyzu s proměnou nedokonalou (*Hemimetabola*) (Pokorný, 2004). Druhým typem larev jsou takové, které se dospělému jedinci nepodobají ani vzdáleně. Jsou to například larvy much (*Muscidae*), motýlů (*Lepidoptera*), či pilatek (*Tenthredinidae*), jejichž společným znakem je tvorba klidového stádia kukly. Tvorba stádia kukly následuje vždy po posledním larválním instaru. V tomto stádiu dochází k histologickým a anatomicko-morfologickým přestavbám a po určité době se vykuklí dospělec (imago), který není ani v nejmenším podobný stádiu larvy. Tento typ proměny nazýváme proměnou dokonalou (*Holometabola*) a týká se všech zbývajících hmyzích řádů (Pokorný, 2004; Zahradníček, 2004).



Obrázek č. 3: Metamorfóza hmyzu

a) Hemimetabola - proměna nedokonalá

b) Holometabola - proměna dokonalá (URL 3)

3 Parazitičtí členovci

Kmen členovců zahrnuje více jak 80 % druhů vícebuněčných organismů a je tedy pokládán za nejpočetnější skupinu živočichů. Mnoho z nich přešlo k parazitickému způsobu života, a proto představují vážné zdravotnické, ale i veterinární potíže nejen pro lidskou populaci. Setkáváme se u nich s velkou škálou forem parazitismu, od parazitoidů, kleptoparazitů po sociální parazity. Pouze málo se jich přizpůsobilo životu uvnitř těla hostitele (několik druhů roztočů, jazyčnatky, larvy některých druhů much a střechů), a tak můžeme říci, že ve většině případů se jedná o ektoparazity (Volf, 2007).

Aby se tyto parazity nakrmili krví, musí svého hostitele chtě nechtě bodnout. Tímto bodnutím vyvolávají různé kožní reakce, jako jsou dermatitidy a nepříjemné svědění. Jejich přemnožení může zkomplikovat lidem i zvířatům volný pohyb v přírodě, jako příklad může sloužit silné namnožení komárů v ústí velkých řek, nebo ve stojatých vodách po povodních. Největší nebezpečí pak členovci představují jako vektory (přenašeči) různých infekčních onemocnění. Parazitujícími členovci a členovci přenášejícími nákazy se zabývá vědní obor parazitologie. Disciplínou zabývající se roztoči je akarologie (Jírovec, 1977; Flegr, 2006).

3.1 Škodlivost členovců ve vztahu k lidskému zdraví

Škodlivost členovců z hlediska lidského zdraví můžeme rozdělit do několika skupin. Za prvé na členovce jako na lidské cizopasníky. Do této skupiny řadíme především ektoparazity. Endoparazitických organismů v tělech vyšších organismů nalézáme méně (larvy některých druhů much, zákožky). Většina ektoparazitických členovců (komáři, blechy, štěnice, vši, klíšťata) se živí sáním krve svých hostitelů. U citlivějších lidí v populaci jejich bodání způsobuje rozsáhlé, velmi svědivé otoky. Otoky ale nejsou jedinou možností, jak nám mohou uškodit. Díky jejich způsobu příjmu

potravy, tedy sáním, se množí z nich stávají přenašeči různých patogenních zárodků (Jírovec, 1977; Rosický, 1989; Flegr, 2005).

Do druhé skupiny můžeme zařadit členovce jako přenašeče různých choroboplodných zárodků. Takovýmto způsobem, za přispění členovců, se šíří malárie, skvrnivka, žlutá zimnice, klíšťová encefalitida, mor, filariózy a další nemoci. Infekce se přenáší takovým způsobem, že přenašeč (vektor) získá z jednoho zdroje (donor) patogenní agens a přenesení jej na nového hostitele (akceptor). Všechny nemoci přenášené členovci označujeme jako přenosné (transmisivní). Jsou definovány jako nemoci, jejichž původci určitou dobu setrvávají v periferní krvi hostitele, z níž jsou posláze, dalším sáním parazitického členovce, přenesení do těla dalšího hostitele. Není výjimkou, že se zárodky v těle svého dočasného hostitele (přenašeče) množí, nebo prodělávají některou z fází svého životního cyklu. Patogeny přenašeče se vzájemně přizpůsobují. Toto přizpůsobování došlo v některých případech tak daleko, že se přenos v přírodě nemůže uskutečnit bez specifického přenašeče. Příkladem takového přizpůsobení je mezi plazmodii a komáry rodu *Anopheles*. Takovýto druh přenosu je označován jako specifický, nebo cyklický (Laštůvka, 2000; Flegr, 2005).

Třetí skupinou jsou členovci jako přenašeči a dlouhodobí uchovatelé nákaz v přírodních ohniscích. Vektoři se mohou žít přímo na člověku, ale nemusí. V přírodě existují i tací přenašeči, kteří se infikují z hostitelů, většinou z vyšších obratlovců, ale nepředávají nákazu člověku, nýbrž živočichům vyskytujícím se v dané lokalitě. Takovýto přenašeči jsou ve většině případů specializovanými cizopasníky, to znamená, že se mohou žít pouze na jednom druhu, nebo na druhu s ním blízce příbuzným. Patogenní agens se v přenašečích mohou udržet velmi dlouho. V klíštěti obecném (*Ixodes ricinus*) se virus klíšťové encefalitidy může udržet po celou dobu jeho vývoje, ale může dokonce proniknout do vajíček, které samička naklade. Z těchto vajíček se pak líhnou nakažené larvy, jež virus předávají dál. Takovému předávání patogenních agens říkáme transovariální přenos (Flegr, 2005; Flegr, 2006; Volf, 2007).

Přenos probíhá většinou podle jednoduchého vzoru:

$$\text{DÁRCE} \rightarrow \text{PŘENAŠEČ} \rightarrow \text{PŘÍJEMCE} = \text{DÁRCE} \rightarrow \text{PŘENAŠEČ} \rightarrow \text{DÁRCE}$$

↓

↓

REZERVOÁR

Když se některý z článků tohoto řetězce přeruší, je možné zabránit nejen dalšímu šíření nákazy, ale v některých je možné nemoc plně zlikvidovat. U některých nemocí (malárie, skvrnivka, žlutá zimnice aj.) má boj s přenašeči velký význam pro jejich prevenci. Tento druh prevence je ale zcela závislý na hlubokých znalostech nejen biologie přenašečů, ale i na jejich biocenologických vztazích (Laštůvka, 2000).

Do poslední, čtvrté skupiny můžeme zařadit členovce jako jedovaté živočichy. Fanerotoxiční členovci mají na svém těle specializovaný orgán pro tvorbu jedu. Tímto orgánem je jedová žláza, která nemusí sloužit jen k útoku, ale i jako součást obrany. Někteří vstříkují hemolymfu do těl obratlovců, pro které je jedovatá. Většina krev sajících členovců vstříkují do rány jedovaté sliny, které zamezují srážení krve v místě vpichu. Naopak brouci z čeledi majkovitých (Meloidae) nejsou pro člověka nijak jedovatí až do okamžiku, dokud nedojde k jejich požití. Jejich těla totiž obsahují alkaloid kantaridin, který způsobuje tvorbu puchýřků a důsledkem požití většího množství může dojít k těžkým otravám. Zákožky (*Sarcoptidae*), endoparazité žijící na lidském těle, zase působí jedovatě zplodinami látkové přeměny, nebo přímo jedovatými látkami, které vylučují (Kůrka, 1984).

3.2 Formy parazitace

Parazitické členovce lze rozdělit na parazity dočasné (temporární) a trvalé (permanentní). Temporární parazité se na hostiteli vyskytují pouze po dobu nezbytně nutnou k tomu, aby se nasytili. Ve většině případů je tato doba dlouhá pouze několik minut. Jsou to například komáři, glosiny, ovádi, či ploštice a v některých případech se označují jako mikropredátoři. Parazité permanentní se od hostitele nevzdalují a na jeho těle lze nalézt všechny fáze jejich životního cyklu. Jako dobrý příklad permanentního hostitele, kterého všichni dobře známe, poslouží vši. Zvláštní kategorií dočasných parazitů představuje většina zástupců z čeledi klíšťatovitých (Ixodidae), u nichž sání probíhá v jednotkách dní (Laštůvka, 2000; Flegr, 2006).

Parazitoidi na rozdíl od parazitů svou oběť ve většině případů vždy zabíjejí. Neudělají to ale hned, nýbrž postupně. Hostitel jim slouží jako živá zásobárna. Co se týče velikosti, bývají zhruba stejně velcí, ale mohou být i výrazně menší než jejich kořist (Laštůvka, 2000). Zatímco larvální stádia parazitoidů jsou závislá na hostiteli, dospělí jedinci jsou podobní neparazitickým zástupcům příslušné skupiny. Valná většina parazitoidů byla popsána mezi blanokřídlými (50 000 druhů) a dvoukřídlými (150 000 druhů). „*Předpokládá se však, že většina parazitoidů nebyla zatím ještě popsána a podle některých odhadů by parazitoidi mohli představovat až 25 % všech druhů hmyzu*“ (Volf, 2007). Jejich hostiteli bývají nejčastěji housenky motýlů, larvy blanokřídlých, či pavouci. Zpočátku se larvy parazitoidů živí tkáněmi, které hostitel nepotřebuje nutně k životu, ale postupem času napadá všechny tkáně a napadení parazitoidem vede k smrti hostitele. V souvislosti s parazitoidy se vyskytuje ještě jedna zvláštnost. Mluvíme o tzv. hyperparazitismu. Jedná se o stav, kdy je jeden parazit hostitelem, dalších parazitů. Hyperparazitismus je znám například u larvy mouchy dlouhososky kuklicové (*Hemipenthes morio*), jejíž larvy se vyvíjejí jako hyperparazité kuklic a lumků (Lewis, 2002).

Sociální parazitismus, je druh parazitismu, kdy parazitické druhy jsou v různé míře závislé na volně žijících členech kolonie. Sociální parazitismus se jako životní strategie vyvinul především u mravenců a u včel. Vznikl mnohokrát, nezávisle na sobě a proto se vyznačuje množstvím strategií i různorodostí sociální organizace (Pech, 2008).

Další formou parazitismu je kleptoparazitismus, často kombinovaný s forézí. Kleptoparazité získávají potravu tak, že jí ujídají svému hostiteli a často tím výrazně snižují její přijímané množství. O forézi pak mluvíme tehdy, využívá-li parazit svého hostitele jako dopravní prostředek. Tuto strategii ve velké míře využívají parazitičtí roztoči, kteří se vozí na tělech predátorů (hmyz, pavouci) a živí se na jejich kořisti (Laštůvka, 2000).

3.3 Způsoby boje s parazitickými členovci a jejich možné využití

Protože jsou parazitičtí členovci nebezpeční jak pro člověka, tak i z hlediska veterinárního, snaží se s nimi lidé bojovat různými metodami. Tyto metody si kladou za cíl buď zcela zlikvidovat populaci určitého druhu členovců v daném prostředí (tzv. eradikace), nebo pouze snížit početnost a redukovat výskyt parazitických členovců. Úplná eradikace je náročná, jak z hlediska finančního, tak i z hlediska technického zabezpečení a organizace. Další nebezpečí spočívá v tom, že i když se podaří na nějakém území jeden druh vymýtit, nikdo nemůže zaručit, že sem nebude znovu introdukován z území, na kterých se běžně vyskytuje. Jedním takovýmto příkladem je boj proti glosinám v Nigérii. Glosiny se podařilo vymýtit, ale na začátku 90. let 20. století se znovu vrátily do již vyčištěných oblastí. Dlouhodobá účinnost eradikace ale není zcela vyloučená. Například na ostrově Zanzibaru byla úspěšně vyhubena populace much tse-tse (Volf, 2007).

Způsoby boje probíhají na několika úrovních. Prvním způsobem je boj mechanický, to například znamená přímou likvidaci líhnišť komárů (vysušování

zatopených ploch, odstraňování naplavenin, ve kterých by mohly vznikat tůňky), vodohospodářské úpravy toků, či likvidace porostů v okolí vodních ploch. V krajním případě se může přikročit k likvidaci přirozených hostitelů parazitických členovců. Nejčastěji využívanými prostředky pro boj s parazitickými členovci jsou chemické látky. Do této skupiny patří různé druhy repelentů (účinky pouze odpuzující) a insekticidy, které mají smrtící účinky. Chemické látky se aplikují buď cíleně, například do míst larválního vývoje komárů, nebo plošně, na celé území, kde se vyskytují dospělá stádia. Dalším možným použitím chemických látek je jejich nanesení přímo na těla lidí, nebo i zvířat. Při použití chemických látek je nutno dbát na dopad na životní prostředí.

Právě proto, že při používání chemických látek v boji proti parazitickým členovcům velmi často trpí životní prostředí, v posledním době neustále vzrůstá zájem o využití biologických prostředků pro boj s nimi. Biologickými prostředky se rozumí velmi specifictí predátoři, paraziti, parazitoidi, parazitičtí členovci a patogeny. Příkladem takového biologického prostředku je použití hlístic (*Phasmarhabditis hermaphrodita* proti škůdci, kterého všichni dobře známe, plzáku španělskému (*Arion vulgaris*). Jejich použití je velmi jednoduché. Do půdy se vpraví velké množství vajíček hlístic, které po vylihnutí vyhledávají plže a pronikají do jejich dýchacího otvoru. Infekce způsobí, že přestanou přijímat potravu a hynou. Určitým problémem, že tato hlístice může napadat i nativní druhy plžů. Patogenní bakterie *Bacillus thuringiensis* napadají převážně larvy komárů, a proto se používají pro redukci jejich počtu. Dalšími možnostmi boje je sterilizace samců (u glosin a myiázách much) nebo rozšíření geneticky modifikovaného krevsajícího členovce, který má omezenou schopnost přenosu patogenní agens, do volně žijící populace. Tuto schopnost by rozšířil do volně žijících populací přenašečů a zamezil tím přenosu nemoci (Speiser, 2001; Zhao, 2006; Volf, 2007).

Ať úmyslně, či neúmyslně člověk přispívá k introdukci druhů do jejich nových areálů. Tam se druhy aklimatizují a problém nastává tehdy, začnou-li se šířit i do dalších biotopů, kde začnou ovlivňovat původní společenstva. Takovýmto druhům pak říkáme druhy invazivní. Na nových stanovištích nemají invazivní druhy žádné přirozené nepřátele (králíci v Austrálii), jiné se mohou křížit s druhy původními (jelen sika) a ohrožují tak jejich specifický genofond. V osmdesátých letech 19. století se objevila myšlenka využití parazitů a parazitoidů v boji proti těmto invazivním druhům. Do Austrálie bylo v 18. století zavlečeno několik kusů králíka divokého (*Oryctolagus cuniculus*), kterým se tam velmi dařilo. Na konci 19. století už přemnožené populace králíků působily vážné ekonomické i ekologické škody. Pokusů o redukci jejich počtu bylo mnoho. Neuspěli jedy, pasti ani cílený lov, proto byli do oblasti vysazeny kočky a lišky, které se také neočekávaně přemnožily a působí také velké škody, protože loví tamější původní savce. Dalším pokusem zastavit králíčí invazi bylo vystavění 1 833 km dlouhého plotu v roce 1907. Bohužel, když byl plot dostavěn, na území, které měl chránit, byl již tak velký počet králíků, že neměl žádný efekt. Přistoupilo se proto k boji pomocí viru myxomatózy přenášené pomocí králíčí blechy (*Spilopsyllus cuniculi*). Blechy viru myxomatózy v populacích hostitele rozšířily a napomohly tak k redukci jejich počtu, i když celý problém tímto vyřešen nebyl. (Volf, 2007; Marková, 2011).

4 Vybrané druhy členovců parazitujících na člověku či přenášející choroby

Dále uvádím vybrané druhy zdravotnicky významných členovců, kterými se budu dále zabývat podrobněji.

Kmen: členovci (*Arthropoda*)

Podkmen: klepítkatci (*Chelicerata*)

Třída: pavoukovci (*Arachnida*)

Řád: roztoči (*Acari*)

Podřád: čmelíkovci (*Mesostigmata*)

Čeleď: čmelíkovití (*Dermanyssidae*)

čmelík kuří (*Dermanyssus galinae*)

Podřád: klíšťata (*Ixodida*)

Čeleď: klíšťatovití (*Ixodidae*)

klíšťe obecné (*Ixodes ricinus*)

Podřád: zákožkovci (*Acariformes*)

Čeleď: zákožkovití (*Sarcoptidae*)

zákožka svrabová (*Sarcoptes scabiei*)

Podřád: sametkovci (*Actinenida*)

Čeleď: trudníkovití (*Demodicidae*)

trudník tukový (*Demodex folliculorum*)

Podkmen: šestinozí (*Hexapoda*)

Třída: hmyz (*Insecta*)

Řád: Phthiraptera

Podřád: vši (*Anoplura*)

veš šatní (*Pediculus corporis*)

veš dětská (*Pediculus capitis*)

muňka (*Phthirus pubis*)

Řád: Hemiptera

Podřád: ploštice (*Heteroptera*)

Čeleď: štěnicovití (*Cimicidae*)

štěnice domácí (*Cimex lectularius*)

Řád: dvojkřídlí (*Diptera*)

Podřád: dlouhorozí (*Nematocera*)

Čeleď: komárovití (*Culicidae*)

Řád: blechy (*Siphonaptera*)

blecha lidská (*Pulex irritans*)

4.1 Řád: roztoči (*Acari*)

Tělo roztočů je tvořeno dvěma tagmaty, tělními oddíly vzniklými z původních tělních článků. Přední oddíl nazýváme gnathosoma a zadní idiosoma. Celkový tvar těla roztočů je často modifikován podle způsobu života a často je kompaktní, bez zřetelného oddělení těchto částí. Gnathosoma nese ústní ústrojí a příústní přívěsky chelicery a pedipalpy. Chelicery mohou mít různé podoby. Mohou mít podobu nůžek (dva proti sobě stojící prsty, kterými roztoči uchopují a rozmělnují potravu). Chelicery mohou být redukovány, či přeměněny na bodavý nebo bodavě sací aparát jako u klíšťat (*Ixodidae*). U některých druhů pak chelicery srůstají. Pedipalpy plní funkci smyslových přívěsků, jsou původně pětičlenné a v některých případech jejich přední výběžky srůstají (Rosický, 1989; Sedlák, 2005).

Idiosoma nese orgány lokomoční, dýchací, smyslové i kopulační. U různých skupin je různě tvarově modifikované. Může mít tvar oválný, protáhlý a u některých parazitických skupin je červovitě protáhlé, jako například u čeledi trdníkovitých (*Demodicidae*). Idiosoma se dělí na dvě části, přední propodosoma a zadní hysterosoma, které mohou být od sebe oddělené rýhou (Jírovec, 1977).

Tělo roztočů je kryto pružnou, sklerotizovanou kutikulou. Některé jejich části těla mohou pokrývat různě velké, druhotně vznikající štítky (sklerity). Pokožka je pokryta štětinkami, brvami, zoubky a vlásky odlišenými složením chitinu i strukturálně. Dýchají vzdušnicemi nebo celým povrchem těla. Vylučovací ústrojí je tvořeno

malpighickými trubicemi a koxálními žlázami. Imaga a nymfy mají čtyři páry nohou, larvy pouze tři páry a některé parazitické druhy mají počet nohou redukovaný na dva až tři páry (Jírovec, 1977; Sedlák, 2005).

Vývoj roztočů je nepřímý, přes několik larválních stupňů, ale u jednotlivých skupin je různě pozměněn (Sedlák, 2005).

V této práci se budu zabývat vybranými zástupci ze čtyř čeledí řádu roztoči (*Acari*). Jmenovitě to budou čeledě čmelíkovci (*Parasitiformes*), klíšatovití (*Ixodidae*), zákožkovití (*Sarcoptidae*) a trudníkovití (*Demodicidae*).

4.1.1 Čeleď: čmelíkovití (*Dermanyssidae*)

Čmelík kuří (*Dermanyssus galinae*)



Obrázek č. 4: čmelík kuří (*Dermanyssus galinae*) (URL 4)

Čmelík kuří (*Dermanyssus galinae*) je přibližně 0,6 mm velký roztoč okrové barvy cizopasnící na divokých, domácích a synantropních ptácích. Jejich chelicery se přeměnily v tenká, bodavá vlákna (stylety), kterými samice nabodávají pokožku

hostitele a sají krev (Smrž, 2013). Po nasátí krve se jeho barva mění na rubínově červenou, a proto se mu běžně říká red mite (červený roztoč). Tento roztoč je rozšířený po celém světě. Žije v kurnících, ptačích hnízdech a velké ekonomické škody působí ve velkých drůbežích chovech. U drůbeže způsobuje snížení produkce vajec, anémii a sníženou odolnost nosnic proti nemocím. Tento roztoč neparazituje pouze na ptácích, ale i na různých druzích savců a v neposlední řadě přechází i na člověka. Nejvíce ohroženy jsou skupiny lidí, které se často dostávají do styku s napadeným ptactvem, zootechnici, či veterináři (Abdigoudarzi, 2014). Nakazit se mohou i lidé ve městech od všudypřítomných holubů, či jiných ptáků hnízdících u lidských obydlí. Po napadení člověka čmelíci delší dobu setrvávají na kůži, v prádle a sají krev. Jejich aktivita vzrůstá především v noci, přes den jsou ukryti a tráví potravu. Na kůži se pak objevují léze a dermatitidy, které mohou přecházet do chronických stádií. Čmelíci jsou mimo to také přenašeči různých bakterií, jako jsou *Salmonella*, *Spirocheta*, *Rickettsia* a *Pasteurella* a také některých virových onemocnění (*Togavirus* a *Flavivirus*) (Valiente Moro, 2005; Valiente Moro, 2009).

4.1.2 Čeleď: klíšatovití (*Ixodidae*)

Do čeledi klíšatovití (*Ixodidae*) řadíme výrazně zbarvené roztoče, jejichž velikost se u samic pohybuje v rozmezí 3,5-4,5 mm (po nasátí i přes 1 cm), u samců pak v rozmezí 2,2-2,5 mm (Dillinger, 2002). Jsou to vysoce specializovaní parazitičtí členovci, živící se krví a tkáňovým mokem savců, plazů a obojživelníků. Vyskytují se po celém světě.

Tělo klíšat se skládá ze dvou částí, hlavové (gnathosoma) a vlastního těla (idiosoma). Hlavička (gnathosoma) je složena z široké, silně sklerotizované základny označované jako límec (basis capituli), na kterém leží smyslové plošky (*areae porosae*) (Jírovec, 1977; Sedlák, 2005). Nese vlastní ústní ústrojí skládající se z chelicer, pedipalp a hypostomu. Hypostom je dlátovitý útvar, na jehož povrchu jsou dozadu otočené zoubky uspořádané ve 2-6 řadách. Po stranách hypostomu jsou uloženy párové

chelicery, na jejichž koncích jsou dva zuby, kterými klíště natrhává kůži hostitele. hypostom slouží k zakotvení v kůži hostitele. V klidovém stádiu jsou chelicery i hypostom kryty mohutnými makadly (pedipalpy). Makadla plní důležitou funkci i při vyhledávání nejvhodnějšího místa pro přisání. Při vnikání chelicer a hypostomu do kůže se pedipalpy široce rozevírají do stran (Jírovec, 1977).

Jednotlivé druhy klíšťat rozeznáváme především podle znaků, které se nachází na hlavové části (gnathosoma). Vlastní tělo (idiosoma) je z tohoto hlediska více uniformní. Na jeho hřbetní straně je štít (scutum), podle kterého lze bezpečně určit pohlaví dospělého klíštěte. U samic sahá štít pouze do třetiny zadečku, zatímco u samečků pokrývá celý hřbet. Na konci zadečku samic můžeme vidět kožovitou část, krytou zřaseným integumentem (alloscutum). Při nasycení klíštěte alloscutum dokáže několikanásobně zvětšit svůj objem, zvláště díky své lamelární struktuře (Dillinger, 2002). Některé rody klíšťat mohou mít na krajích štítu oči, ale u skupiny klíšťat (*Ixodides*) oči zcela chybí. Na břišní straně těla se nachází pohlavní a řitní otvor. Pohlavní otvor má šterbinovitý tvar a nachází se u samců i samic na přední části idiosomy. Řitní otvor je kryt dvěma chlopněmi. Na břišní straně těla klíšťat probíhá též anální a genitální rýha. U některých rodů (např. *Ixodes*) se mezi rýhami vyskytují sklerotizované štítky (Jírovec, 1977).

K přední části těla imag se připojují 4 páry nohou, skládající se z 6 článků. Některé články mohou být opatřeny trny a ostny, které klíšťatům pomáhají se zachytit v srsti hostitele. Na konci chodidla (*tarsus*) se nachází přísavka a dva drápky. Na prvním páru noh je vyvinut Hallerův orgán, smyslový orgán, jehož pomocí klíště vyhledává svého hostitele (Smrž, 2013). Hallerův orgán je systém jamek se smyslovými brvami, které vnímají teplo, CO₂ a vibrace (Volf, 2007). Vzdušnice vyúsťují za 4. párem kráčivých končetin v podobě dýchacích otvorů (stigmat) (Sedlák, 2005).

Na svého hostitele hladová klíšťata čekají například na konci stébla trávy, v křoví s doširoka rozevřeným prvním párem noh, aby Hallerův orgán směřoval ven

a mohl tak co nejlépe pracovat (Reichholf, 2003). Takto připraveno klíště čeká do té doby, než se k němu hostitel přiblíží. Poté se rostliny pustí a přeleze na hostitele. Klíště nezačne sát ihned po přenosu na hostitele, ale hledá nejvhodnější místo pro své přísátí. Toto hledání může trvat až 36 hodin (Blagburn, 2000).

Sání krve může u samičích imag klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*) probíhat velmi dlouho, řádově 7-10 dnů. Samci klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*) se krví neživí a na hostitele přechází pouze za účelem spáření se samičkou. Při penetraci klíště do ranky na kůži vstříkne malé množství slin. Sliny brání srážení krve (antikolaguační látky), rozšiřují krevní kapiláry, což je příčinou silnějšího krváčení a potlačují zánět. Během celého sání se střídají fáze sání krve a vstřikování slin do rány (Anderson, 2008). Na toto proniknutí do těla hostitel reaguje především zvýšenou produkcí T-lymfocytů (Anderson, 2008).

K páření dochází nejčastěji na těle hostitele. Sameček nasaje hypostomem své pohlavní buňky a celý jej pak zasune do pohlavního otvoru samice (Volf, 2007). Po nasycení samice odpadá z těla hostitele na zem a do půdy, trávy, či listů klade velké množství vajíček (Jírovec, 1977). Po nakladení vajíček sama umírá. Samec po páření zůstává na hostiteli až několik měsíců (Jongejan, 2004). Z vajíček se líhnou larvy nesoucí 3 páry noh. Larvy vyhledávají vhodného hostitele, na kterém se nasatí a promění se v nymfu. Nymfy opět sají na hostiteli a mění se v dospělce (imago). Celý tento proces trvá v našich podmínkách 1 rok, či více let (Jongejan, 2004).

Tento vývoj probíhá na 1, 2, nebo třech hostitelích. V jednohostitelském cyklu prodělává klíště celý svůj vývoj na jediném hostiteli. Larva se dostane z prostředí na hostitele, kde saje a prodělává svůj vývoj v nymfu a poté v imago, které po plném nasátí z hostitele odpadá (Jongejan, 2004). Příkladem takového jednohostitelského klíštěte jsou druhy rodu *Boophilus*, žijící na skotu (Jírovec, 1977).

Nasáté larvy dvojhositelských klíšťat neopouští hostitele a přeměňují se na něm v nymfy. Nymfy se nasají, odpadnou z hostitele a mění se v imago. Imago pak napadá

jiného hostitele, kde opět saje (Jongejan, 2004). Takovýto životní cyklus je charakteristický například pro druh *Rhipicephalus bursa*, jehož larvy a nymfy cizopasí na skotu, ovcích, či koních (Jírovec, 1977).

Klíště obecné (*Ixodes ricinus*) prodělává, jako většina středoevropských druhů klíšťat trojhostitelský vývojový cyklus (Jírovec, 1977). To znamená, že larva, nymfa i imago saje na jiném hostiteli, až do plného nasátí teprve poté odpadají. Během svého vývojového cyklu klíště obecné (*Ixodes ricinus*) většinou vystřídá tři různé skupiny obratlovců. Počet hostitelů má dopady i na množství nakladených vajíček, přičemž klíšťata s trojhostitelským vývojovým cyklem kladou mnohem více vajíček, než klíšťata s jedno, či dvojhostitelským vývojovým cyklem (Jongejan, 2004). Hostitelský okruh klíšťat není příliš specifický. Dá se říci, že klíště saje na těch hostitelích, se kterými přijde do styku. Klíště obecné (*Ixodes ricinus*) saje na savcích, ptácích, ale i na ještěrkách (Jírovec, 1977).

Klíště obecné (*Ixodes ricinus*)



Obrázek č. 5: Vývoj *Ixodes ricinus* - larva, nymfa, dospělá samička, dospělý sameček (URL5)

Klíště obecné (*Ixodes ricinus*), příslušník čeledi klíšťatovitých (*Ixodidae*), je běžně rozšířeným druhem v celé střední Evropě. Vyskytuje se především na travnatých

stanovištích, ve smíšených lesích i lesních monokulturách. Důležitá je ale vlhkost vzduchu, neboť klíště je málo odolné proti vysychání. Vlhkost vzduchu se musí dlouhodobě pohybovat minimálně okolo hodnoty 80 %, jinak může být narušen jeho vývin. Kolísání vlhkosti má vliv na chování spojené s čekáním na hostitele. Pouze za příznivých podmínek vlhkosti vzduchu jsou jednotlivá stadia klíštěte schopna číhat na svého hostitele nad zemí. Když dojde ke snížení vlhkosti vzduchu, přecházejí toto nepříznivé období v půdě. Když suché období trvá delší dobu, přecházejí ho klíšťata ve stádiu strnulosti (quiescence) (Materna, 2012).

Výskyt klíštěte je závislý také na nadmořské výšce, neboť s každými 100 výškovými metry klesá teplota ve střední Evropě v průměru o 0,65 °C (Materna, 2012). Je dokázáno, že horní hranice výskytu klíštěte obecného se od 50. let 20. století posunula nahoru. Zatímco v 50. a 60. letech byla horní hranice výskytu klíštěte obecného v rozmezí 700-800 m.n.m koncem 90. let bylo dokázáno, že horní hranice jeho rozšíření stoupla až do nadmořské výšky 1100 m.n.m (Materna, 2012). Bylo zjištěno, že tato tendence klíštěte obecného, osidlovat vyšší nadmořské výšky, má pravděpodobně souvislost se změnou klimatických podmínek a nárůstem početnosti populací (Lindgren, 2000).

Teplota má vliv především na vývoj vajíček a rychlost metamorfóz, larev a nymf. Čím vyšší je teplota, tím rychlejší je jejich vývoj. Laboratorně stanovená prahová teplota po vývin larev činí 7 °C. Když je teplota udržována na 10 °C, trvá vývin larev 250 dní, ale zvýšíme-li teplotu na 25 °C, vývin trvá pouze 36 dní (Materna, 2012). V našich podmínkách trvá celý vývojový cyklus klíštěte obecného zpravidla 3 roky a v přírodě nalezneme v jeden čas všechna jeho vývojová stadia (Jírovec, 1977; Materna, 2012).

Dospělí jedinci jsou aktivní při teplotě 3,5 °C. První klíšťata tedy v přírodě nacházíme v březnu a dubnu. Maxima svého výskytu dosahují v květnu a červnu. V červenci a srpnu na slunci vystavených místech jejich počet dost výrazně klesá, na

podzim dosahují svého druhého početního maxima. Musíme ale počítat s menšími odchylkami v závislosti na nadmořské výšce, rázu krajiny a aktuálním stavu počasí (Jírovec, 1977). Jak již bylo řečeno, klíště obecné během svého vývoje vystřídá tři hostitele. Larvy jako své hostitele vyhledávají drobné savce (myši, hraboše, rejsky, krtky), ještěrky, či ptáky. Nymfy pak parazitují na větších savcích (zajáci, ptáci, veverky). Imaga si za své hostitele vybírají velká zvířata (skot, psi, kozy, aj.). Na hostitelích se klíšťata uchycují zejména v oblasti boltců, očí a kolem krku. Člověka mohou napadat všechna vývojová stadia klíšťat (Jírovec, 1977; Materna, 2012).

Samotné přisání klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*) není pro člověka nikterak patogenní. Problém tkví v tom, že klíšťata jsou vektory různých patogenních nemocí. Proto, jakmile dojde k objevení parazitujícího klíštěte na těle, mělo by být co nejrychleji vyjmuto. Vhodnou metodou je podle Blagburna a Dryena (2009) uchopení klíštěte do pinzety co možná nejblíže kůže a rychlé trhnutí. V žádném případě bychom se neměli klíště snažit vytočit, či vytlačit, protože by mohlo dojít k vypuzení obsahu jeho střev do těla hostitele. Při takovémto vypuzení, by se do těla hostitele přenesli i patogenní agens. Neúčinné je také použití alkoholu, vazelíny, přímého žáru, laku na nehty a jiných látek. Před samotným vyjmutím klíštěte je dobré ránu vydezinfikovat, a pokud se trhnutím nepodaří vyndat klíště celé, není nutno si zoufat, zbytky klíštěte během několika dní vyhnisají. Takovouto ránu je ale nutno často dezinfikovat.

Jak již bylo řečeno, klíště přenáší mnoho patogenních agens. Všechny druhy klíšťat sají krev, ale pouze 10 % ze všech dosud objevených druhů přenáší patogenní agens na člověka (Matějovská, 2007a). Patogeny se do klíštěte dostávají z nakaženého hostitele. Při dalším sání takového nakaženého parazita se patogenní organismy přes slinné žlázy dostávají do nového hostitele. Klíšťata jsou přenašeči mnoha druhů mikroorganismů, prvoků (*Protozoa*), rickettsií, spirochét a virů (Jongejan, 2004).

Klíšťová encefalitida je nejznámějším virovým onemocněním, které klíšťata přenášejí. V ČR je největším přenašečem právě klíště obecné (*Ixodes ricinus*).

Klíšťovou encefalitidu způsobuje TBE virus (Tick Borne Encephalitis) z čeledi *Flaviviridae*. Tento virus má tři podtypy a to evropský, východní a sibiřský. Na našem území se vyskytuje podtyp evropský (Matějovská, 2007a). Inkubační doba viru TBE je 10-14 dní. Nemoc má několik stádií. Na počátku se infekce vyznačuje příznaky, jako jsou bolesti hlavy, celková nevolnost a s tím spojené nechutenství a zvýšenou teplotou. Během několika dnů tyto příznaky mizí, ale znovu se objevují po krátkém období latence s větší razancí. Během několika dnů, či týdnů se nedagnostikovaný virus dostane do mozkové tkáně, jater nebo myokardu. Důkazem, že klíště bylo nakaženo tímto virem, je zarudlá skvrna, která se tvoří okolo místa kousnutí klíštěte, nemusí se ale objevit vždy (Kredba, 1976; Lobovská, 2001; Smrž, 2013). Proti této nemoci neexistuje žádný účinný lék a proto doporučována prevence v podobě očkování, neboť může zanechat vážné zdravotní následky.

Nejznámějším bakteriálním onemocněním přenášeným klíšťaty je lymeská borelióza způsobená spirochétami komplexu *Borrelia burgdorferi* sensu lato (typy sensu stricto, *B. afzelii*, *B. garinii* a *B. valaisiana*). (Matějovská, 2007) Toto onemocnění postihuje především kůži, nervovou soustavu, srdce a klouby. *Borrelia burgdorferi* byla izolována v roce 1982 v Connecticutu a poté bylo její rozšíření prokázáno v dalších zemích světa. Po několika dnech, či týdnech po přisátí klíštěte se v místě sání klíštěte tvoří erythema migrans (EM), což je červená skvrna, která je homogenní nebo od prostředku bledne. Tato skvrna časem zmizí, ale bakterie borelie se dále množí a rozšiřují krevním oběhem do celého těla. Samotné příznaky nemoci si lze snadno splést s běžnou virózou. Jsou to únava, bolesti svalů a kloubů, bolest v krku a v neposlední řadě bolest hlavy. V této fázi je nemoc ještě snadno léčitelná antibiotiky. Bakterie ale mohou také pronikat do mozku a způsobovat zánět mozkových blan. Infekce může přecházet do chronické fáze, tedy nejtěžšího stádia nemoci, při kterém mohou být trvale poškozeny nervy, zánět mozku může vést k poruchám krátkodobé paměti, poruchám soustředění a poruchám orientace v prostoru. V tomto chronickém stádiu se objevuje také těžká artritida, či srdeční arytmie. Léčba probíhá pouze za pomoci antibiotik, účinná vakcína ještě není k dispozici (Radolf, 2010; Smrž, 2013).

Klíšťata přenášejí i bakterie z čeledi *Rickettsiaceae*, které vyvolávají skupinu onemocnění zvané rickettsiózy. Mezi tyto onemocnění řadíme Q-horečku, epidemický návratný a skvrnitý tyfus (*Typhus exanthematicus*) horečku skalistých hor (Rocky mountain spotted fever) a mnohá další (Kredba, 1976; Lobovská, 2001; Venclikova, 2015).

4.1.3 Čeleď: zákožkovití (*Sarcoptidae*)

Do čeledi zákožkovitých (*Sarcoptidae*) řadíme roztoče, kteří parazitují na ptácích, savcích i lidech, kterým způsobují závažná kožní onemocnění. Nejznámějšími zástupci, kteří parazitují na těle člověka a kterými se budu dále zabývat, jsou zákožka svrabová (*Sarcoptes scabiei*) a trůčník tukový (*Demodex folliculorum*).

Zákožka svrabová (*Sarcoptes scabiei*)



Obrázek č. 6: zákožka svrabová (*Sarcoptes scabiei*) (URL 6)

Zákožka svrabová (*Sarcoptes scabiei*) drobný, asi 0,5 mm velký roztoč, který způsobuje onemocnění zvané svrab. Jedná se o zooparazita obratlovců, v jejichž kůži si

samičky vytváří vodorovné chodbičky, do kterých následně klade vajíčka (Sedlák, 2005; Smrž, 2013). Vyskytuje se po celém světě. Je to pak především v oblastech se špatnými hygienickými podmínkami, které bývají často svázány s chudobou. V článku publikovaném Zhangem v roce 2012 stojí, že po celém světě je 300 milionů lidí nakažených zákožka svrabová (*Sarcoptes scabiei*). Přenáší se kontaktem s nakaženými osobami, či zamořeným prostředím.

Tělo zákožek je zavalité, nečláňované bez očí a trachejí. S jemně proužkovanou kutikulou s častými záhyby. Na povrchu kutikuly můžeme nalézt dlouhé chlupy (sety) (Smrž, 2005). Ústní ústrojí je tvaru kuželovitého, s nůžkovitými chelicerami a pedipalpami složenými ze tří článků. Na těle se nachází 4 páry nohou složených z 5 článků. Z vajíček se po 3-8 dnech od naklazení líhnou šestinohé larvy, které se po několika dnech svlékají a mění v osminohou nymfu. Nymfa se po dalších dvou dnech znovu svléká a mění se buď v samečka, nebo v druhou nymfu, která se teprve po dalším svlékání přemění v samičku. Celý vývoj se odehrává na těle jednoho hostitele (Jírovec, 1977). Roztoči žijí 3-6 týdnů, ale bez hostitele vydrží naživu nejdéle tři dny. Živí se tkáňovým mokem a do pokožky vylučují toxické látky, je způsobují hromadění lymfy v napadených částech pokožky (Jírovec, 1977; Oakley, 2009).

Onemocnění způsobuje pouze samička, která se zavrtává do kůže, kde hloubí až několik milimetrů dlouhé chodbičky, kam klade vajíčka. Od nakažení do objevení prvních příznaků mohou uplynout až tři týdny. Hlavním příznakem nemoci je urputné svědění především ve večerních hodinách a v noci, kdy jsou zákožky nejaktivnější. Objevuje se zarudnutí pokožky a ekzémy. Na kůži jsou okem viditelné klikaté chodbičky samiček, jako světle červené, mírně vyvýšené proužky, na jejichž konci se zvedá kupka. K zavrtání si zákožka svrabová (*Sarcoptes scabiei*) vybírá místa, kde kůže není příliš tlustá. Takovými místy je například jemná kůže mezi prsty, ohanbí, podpaždí, či oblast v loketní jamce (Oakley, 2009). Svrab se léčí aplikací mastí předepsanou lékařem.

4.1.4 Čeleď: trdníkovití (*Demodicidae*)

Trdník tukový (*Demodex folliculorum*)



Obrázek č. 7: trdník tukový (*Demodex folliculorum*) (URL 7)

Trdník tukový je cizopasníkem obratlovců, který způsobuje trdnovitost (demodikózu). Od ostatních roztočů je jednoduše k rozeznání, neboť se velmi liší tvarem těla, které je červovité, bez štětín a ostnů. Na jeho přední části se nachází 4 páry krátkých noh, které jsou zakončeny dvěma drápky. Zadní část je protáhlá. Samičky, které jsou větší, než samečci dorůstají velikosti 0,4x0,45 milimetrů. Životní cyklus toho cizopasníka trvá obvykle 14-18 dní. Z vajíček se líhnout drobné larvy, podobné dospělci, které se přes dvě stádia nymf přeměňují na dospělého jedince. Celý jejich životní cyklus probíhá na jednom hostiteli (Weselovska, 2014). Trdníci žijí v mazových žlázách především v oblasti tzv. T-zóny (brada, čelo, nos) a v uších

mazových žlázách. Živí se odumřelými buňkami. Jejich větší počet se vyskytuje v kordonech a ve vlasových folikulech (2-6) a mohou způsobovat vypadávání vlasů (Holzchuh, 2011).

4.2 Řád: *Phthiraptera*

Řád Phthiraptera je nově vytvořený řád, který vznikl spojením dřívějších řádů *Mallophaga* a *Anoplura*, řadíme do podkmenu šestinozí (*Hexapoda*) třídy hmyz (*Insecta*). Do podřádu vši (*Anoplura*) patří obligátní lidscí parazité, kteří nepřecházejí na ostatní živočišné druhy (Riabi, 2012). Vši mají dorzoventrálně zploštělé tělo, bodavě sací ústní ústrojí, oči jsou redukovány, nebo zcela chybí. Hrud' je mnohem širší než hlava, na které se nachází 3-5 článková tykadla. Na hrudi jsou 3 páry noh s mohutnými drápy, které slouží k přichycení se na hostiteli. Zadeček (abdomen) složený z 9 článků, je po stranách vyztužen sklerotizovanými destičkami, na nichž jsou umístěna stigmata. Samce a samice lze od sebe rozeznat podle jinak utvářeného devátého abdominálního článku. Samec má pohlavní otvor na hřbetní straně, zatímco samice ho mají na straně břišní a abdomen je po stranách opatřen dvěma výběžky (Jírovec, 1977). Vši se živí krví, kterou několikrát za den sají na svém hostiteli, bez kterého nepřežijí déle než 24 hodin (Weems, 1999a).

Za špatných podmínek trvá vývoj vší až 40 dní, když jsou podmínky ideální, trvá pouze 20 dní. Samička vší klade denně 6-7 vajíček (hnid). Za život jich může vyprodukovat až 100 (Weems, 1999a). Z hnid přichycených na vlasech se líhnou larvy, které se podobají dospělým vším, nemají však ještě pohlavní ústrojí. Sají ihned po vylíhnutí a o hladu vydrží až 7 dní (Jírovec, 1977). Po prodělání tří larválních stádií se z nich stávají dospělí jedinci.

Bylo zjištěno, že vši mohou být přenašeči některých patogenních bakterií, jako je například *Rickettsia prowazekii*, způsobující vážné onemocnění (Mumcuoglu, 2012).

Nejpříhodnější místa pro přenos vši jsou dětské kolektivy ať už školky, či školy, neboť vši se na nového hostitele dostávají pouze těsným kontaktem hostitele s jinými lidmi. Proto by měli rodiče dětí dbát na to, aby byly děti pravidelně prohlíženy a v případě nutnosti vši odstraňovány jak mechanicky (vyčesávání hníd), tak i za použití ostatních dostupných prostředků. Problémem spojeným s odstraňováním vši je jejich velká přizpůsobivost vůči insekticidním přípravkům, používaným k jejich hubení.

Veš šatní (*Pediculus corporis*)

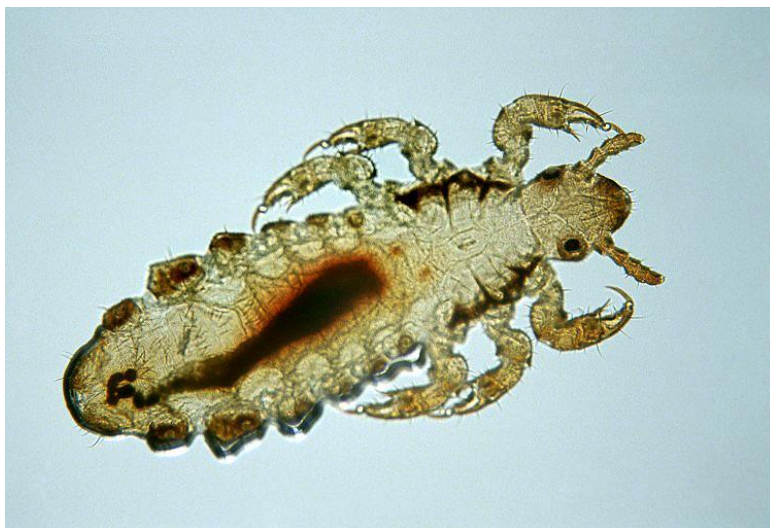


Obrázek č. 8: Veš šatní (*Pediculus corporis*) (URL 8)

Veš šatní se skrývá v prádle a šatstvu a lidské tělo vyhledává, pouze když chce sát krev. Usazuje se nejprve ve švech a záhybech prádla, hlavně tam, kde šatstvo přiléhá k tělu (límeč, podprsenka, čepice). Jak zamoření štěnic pokračuje, začínají se usazovat i v lůžkovinách a ve všem, co přichází do styku s lidskou kůží (Weems, 1999a).

Veš šatní je zavalitější a větší, nežli veš dětská. Samičky kladou denně 6-14 vajíček, za celý život pak samičky mohou vyprodukovat až 300 vajíček (Jírovec, 1977).

Veš dětská (*Pediculus capitis*)



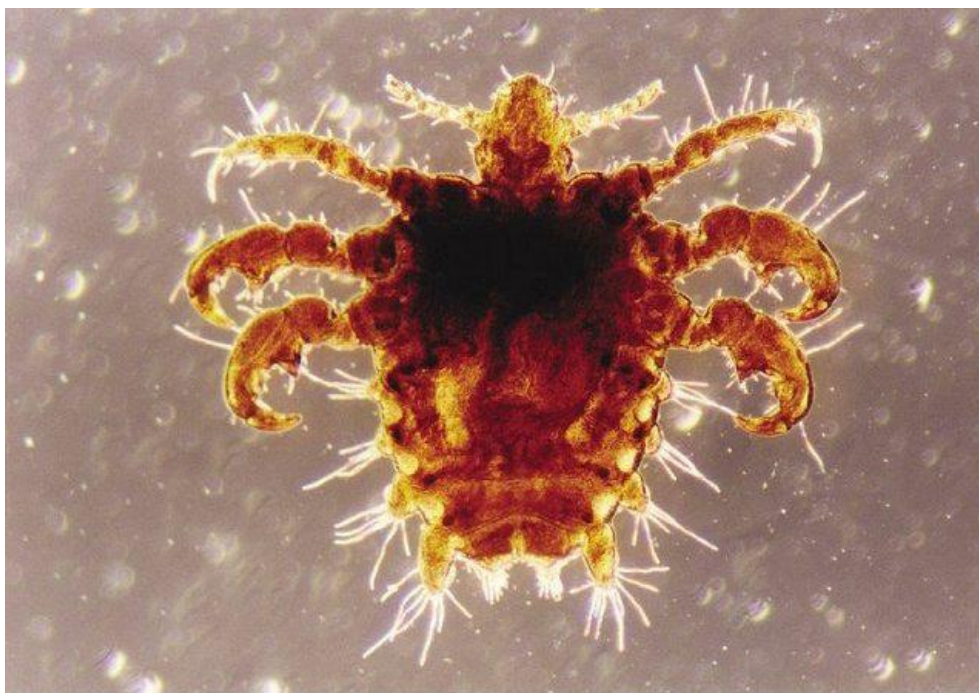
Obrázek č. 9: Veš dětská (*Pediculus capitis*) (URL 9)

Žije ve vlasech, nejvíce se vyskytuje v oblasti spánků a na zátylku. Je menší, nežli veš šatní. Přenáší se kontaktem s infikovaným hostitelem. Napadá všechny věkové kategorie především dětí. Je odolná vůči běžným hygienickým úkonům a nevadí jí dokonce ani barvení vlasů (Rupeš, 2011).

Každý den klade samička 3-4 vajíčka (hnidy), které jsou přichyceny k vlasům. Za celý život veš dětská vyprodukuje 140-150 vajíček. Její bodnutí úporně svědí, takže dochází k rozškrábání ranky, do které pak může vniknout infekce (Jírovec, 1977).

Podle odhadů Světové zdravotnické organizace z roku 1997 se po celém světě vši dětskou nakazilo 380 milionů dětí (Rupeš, 2011).

Veš muňka (*Pthirus pubis*)



Obrázek č. 10: Veš muňka (*Pthirus pubis*) (URL 10)

Veš muňka je adaptována na život na ochlupení v ohanbí, v podpaží, na zarostlých prsou a v případě masivního zavšivení jí můžeme najít i ve vousech nebo obočí. Výlučně se však nevyskytuje ve vlasech. Neparazituje na dětech a adolescentech, kteří ještě neprošli pubertou. Jejich bodnutí zanechává namodralé skvrny (*maculae caeruleae*) a úporně svědí (Weems, 1999b; Anderson, 2009).

Tvarem se velmi liší od obou dvou předešlých vší. Má malou hlavu, ploché a široké tělo a silné nohy s mohutnými drápy, kterými se pevně drží chlupů. Samička žije pouze 3 týdny. Za tu dobu dokáže naklást 20-40 vajíček. Celý vývojový cyklus muňky trvá přibližně 2-24 dní (Jírovec, 1977).

Nejčastěji se muňky přenáší pohlavním stykem, ale i stykem se zavšivenými lůžkovinami a oblečením.

4.3 Řád: *Hemiptera*

Čeleď štěnicovití (*Cimicidae*) jsou odvozenou skupinou podřádu ploštice (*Heteroptera*). Všechny druhy štěnic žijí v příbytcích teplokrevných živočichů a sají jejich krev. Člověka napadají pouze dva druhy a to štěnice domácí (*Cimex lectularius*) a štěnice tropická (*Cimex hemipterus*), ostatní druhy se živí krví ptáků a netopýrů. Dále se budu zabývat pouze prvním jmenovaným druhem.

Štěnice domácí (*Cimex lectularius*)



Obrázek č. 11: Štěnice domácí (*Cimex lectularius*) (URL 11)

Štěnice domácí je společníkem člověka již mnoho tisíc let. Podle článku Criada (2011) byli lidé štěnicemi napadáni, ještě když žili v jeskyních. Jsou rozšířeny v mírném klimatu po celém světě. Přežívají v nábytku, postelích, pod rámy obrazů, v závěsech a ze svých úkrytů vylézají pouze tehdy, cítí-li potenciální oběť. Mohou parazitovat i na domácích mazlíčcích (psech, kočkách). Jejich přítomnost v bytě poznáme také podle jejich trusu, který po namočení vodou zčervená. V bytě lze také nalézt jejich hnízda, se

svlečkami. Štěnice mají speciální žlázy, které produkují speciální výměšek, který vůni připomíná vůni koriandru (Jedličková, 2011).

Dospělá štěnice dosahuje velikosti 5-6 milimetrů a má 6 nohou. Tělo je ploché, rezavě zbarvené na hlavě jsou dvě složené oči. Zadeček je článkovaný, oválný na povrchu s chloupky. Křídla jsou zakrnělá, bodavý sosák je v klidu složen dozadu (Cridao, 2011; Jedličková, 2011).

Štěnice se rozmnožují tzv. traumatickou inseminací. To znamená, že samička nemá vyvinut žádný pohlavní otvor a sameček musí probodnout její zadeček, aby se jeho spermie dostali k vaječníkům. Samičky jsou během života schopné naklást až 500 vajíček. Oploďněná samička klade několik vajíček denně. Z vajíček se za 10 dní od naklazení líhnou průhledné nymfy. Nymfy se pětikrát svlékají a pijí krev. Po jednom až dvou měsících je dovyvinut dospělý jedinec, který žije v průměru 1-2 roky. Bez potravy jsou schopné přežít i několik měsíců (Cridao, 2011; Jedličková, 2011).

Ještě na počátku minulého století byly štěnice známy téměř ve všech domácnostech. Ve 40. a 50. letech 20. století byly jejich stavy díky pesticidu dichlordifenyltrichlorethanu (DDT) sníženy. V současné době se díky vyšší migraci obyvatelstva a rezistenci tohoto parazita proti insekticidům, začínají jejich populace množit (Balvín, 2008). Zavlečení štěnic nesouvisí hygienickými návyky, lze si je přivést v kufru i jako suvenýr z dovolené (Wang, 2010).

Štěnice jsou aktivní především v noci. Vylezou ze svého úkrytu a podle tělesného tepla vyhledají svého hostitele, na němž sají 4-10 minut. Toto opakují každých 3-5 dní. Do rány štěnice vstříknou malé množství slin, které obsahují antikoagulační látky a proteiny. Proteiny pak vyvolávají alergickou reakci, která se může objevit až za několik dní po bodnutí (Cridao, 2011).

Bylo prokázáno, že ve slinách, trávicím ústrojí a exkrementech štěnic se nachází velké množství patogenních agens, jako třeba *Trypanozoma cruzi*, původce Chagasovy nemoci, ale jejich přenos na člověka nebyl prokázán (Jedličková, 2011).

4.4 Řád: dvojkřídli (*Diptera*)

Příslušníci řádu dvojkřídliých (*Diptera*) jsou charakterističtí svým jedním párem blanitých křídel. Druhý pár je přeměněn v kyvadélka (haltery), které pomáhají udržovat rovnováhu za letu. U některých parazitických much nejsou křídla vyvinuta vůbec, jako například u kloše jeleního (*Lopoptena cervi*) (Jírovec, 1977). Ústní ústrojí je bosavě savé, nebo lízavě savé, makadla bývají dobře vyvinuta. Na hlavě jsou složené facetové oči. Vývoj probíhá proměnou dokonalou (*Holometabola*), ale například u mouchy tse-tse (*Glossina palpalis*) se vyvinula viviparie (Sedlák, 2005).

Do podřádu dlouhorohých (*Nematocera*) patří dvojkřídli, kteří se svým habitem podobají komárům. Výjimku tvoří čeled' muchničkovití (*Simuliidae*), kteří mají tělo robustnější a kratší (Jírovec, 1977). Tykadla jsou dlouhá, složená z více než 6 stejnocenných článků. Tělo je štíhlé s dlouhými končetinami a křídly. Imaga čeledi podřádu dlouhorohých mají bodavě savé ústní ústrojí, jímž sají krev (Sedlák, 2005).

4.4.1 Čeleď: komárovití (*Culicidae*)

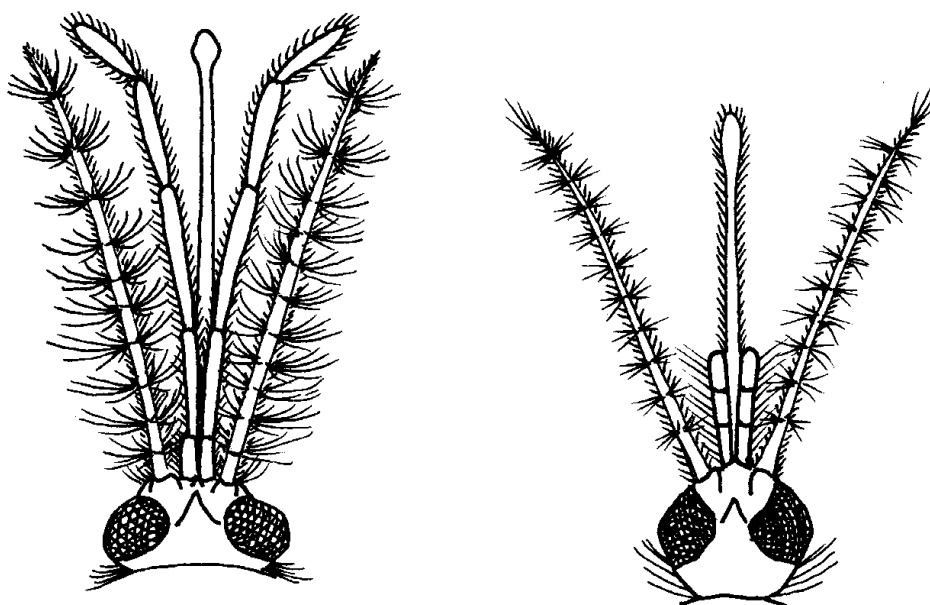


Obrázek č. 12: Komárovití (*Culicidae*) (URL 12)

Do čeledi komárovitých (*Culicidae*) řadíme 3300 druhů rozdělených do 41 rodů a 3 podčeledí (*Toxorhynchitinae*, *Anophrlinae*, *Culicinae*) (Service, 2004).

Jak již bylo řečeno komárovití, mají jeden pár blanitých křídel, druhý pár je přeměněn v haltery. Je to drobný hmyz o obvyklé délce 3-6 mm, jehož tělo je rozděleno na hlavu, hrud' a zadeček. Na hlavě jsou složené facetové oči, mezi kterými jsou umístěna dvě tykadla. Na tykadlech jsou chloupky. U samic jsou tyto chloupky krátké a řídké, u samečků jsou dlouhé a husté. Na hrudi jsou umístěna křídla a každý hrudní článek nese jeden pár noh. Křídla jsou protkána specifickou žilnatinou, která je vždy pokryta šupinkami. Zadeček je tvořen 10 články, z nichž poslední dva jsou přeměněny

v kopulační orgány. U samečků tvoří poslední článek valvy. U některých rodů (*Aedes*) jsou na posledním článku vytvořeny dva přívěsky, cerci (Jírovec, 1977; Service, 2004; Sedlák, 2005).



Obrázek č. 13: tykadla s chloupky - vlevo samec, vpravo samice (URL 13)

Komáři prodělávají vývin s proměnou dokonalou (*Holometabola*). Z nakladených vajíček se líhnou larvy, které žijí ve vodě. Larvy mají 4 stádia lišící se velikostí, počty složených chlupů. Ve stojaté nebo mírně tekoucí vodě, kde se vyvíjí 1-3 týdny v závislosti na její teplotě (Rueda, 2008). Živí se bakteriemi, řasami a jinými mikroorganismy. Kukly se na rozdíl od larev ve vodě neživí a za 1-3 dny se z nich stávají imaga (Jírovec, 1977; Service, 2004; Rueda, 2008). ;

Na území české republiky jsou například rozšířeny tři rody komárů. Jsou to rody *Aedes*, *Culex* a *Anopheles*. Komáři jsou parazité lidí i zvířat, na jejich bodnutí tělo reaguje alergickou reakcí nevelkých rozměrů. Slouží i jako vektory některých patogenních agens. Přenos probíhá tak, že komár spolu s krví hostitele naseje viry, které

při dalším sání přenese do těla dalšího hostitele. Takto přenášeny jsou arboviry, filarie, tularémie, či malárie (Volf, 2007; Rueda, 2008).

4.5 Řád: blechy (*Siphonaptera*)

Blechy (*Siphonaptera*) jsou řádem hmyzu, který druhotně ztratil svá křídla. Jejich tělo je laterálně zploštělé sestává z hlavy, hrudi a zadečku. Velikost se pohybuje okolo 3 mm v závislosti na druhu. Na povrchu těla mají štětiny a hřebínky (ctenidia). Nohy mají vyvinuty silnou svalovinu, na povrchu mají mnoho štětín a na koncích dva drápky. Blechy jsou schopny skoků na velké vzdálenosti (Smrž, 2013). Ústní ústrojí je typu bodavě sacího, jsou to hematofágní ektoparazité ptáků a savců. Vlastním bodacím a sacím orgánem je epifarynx. Mají jednoduché oči (ocelli) (Jírovec, 1977).

Po oplození klade samička blechy 400 vajíček po několika etapách. Po 4-12 dnech se líhnou larvy, jež jsou beznohé (apodní), silně ochlupené, mají kousací ústní ústrojí, žijí v příbytcích svých hostitelů a živí se detritem a exkrementy imag. Larvy se třikrát svlékají a po několika dnech se přemění v nepohyblivou kuklu uloženou v kokonu. Stádium kukly trvá většinou 8-14 dní a blechy jsou schopny v tomto stádiu přezimovat. Imaga se živí krví savců a ptáků. Krev sají obě pohlaví, samečci i samičky. Blechy snadno mění své hostitele, z krysy dokáží přejít na člověka, jsou proto jako přenašeči velmi nebezpečné (Jírovec, 1977; Sedlák, 2005).

Blecha lidská (*Pulex irritans*)



Obrázek č. 14: Blecha lidská (*Pulex irritans*) (URL 14)

Blecha lidská je v Evropě hlavním nejrozšířenějším cizopasníkem z řádu blech. Žije ale i na domácích zvířatech (psi, kočky, prasata) i divoce žijících šelmách. Samičky jsou velké 2,5-5 mm, samečci jsou menší. Vývoj od vajíčka až po imago trvá zhruba 6 týdnů. Imaga se dožívají v průměru 3-4 měsíců (Elston, 2000).

Po bleším kousnutí na kůži zůstávají pupence se středovou tečkou uprostřed (purpura pulicosa), ale po několika dnech mizí. Velký význam mají blechy i jako přenašeči patogenních agens (pseudotuberkulosa, klíšťová encefalitida aj.) (Lobovská, 2001) Asi nejznámějším přenašečem je blecha morová (*Xenopsylla cheopis*), která šíří mezi svými hostiteli bakterii *Yersinia pestis*. Tato bakterie způsobuje onemocnění zvané mor. Blecha morová žije na krysách, ale může přecházet i na lidi. Dnes už není pro tak nebezpečná, ale v minulosti dokázali epidemie moru usmrtit až jednu třetinu evropské populace.

Závěr:

Členovci (*Arthropoda*) jsou nejpočetnějším živočišným kmenem vyskytujícím se po celém světě. Není proto divu, že velká část jeho zástupců postupně přešla k parazitickému způsobu života. S těmito parazity, aniž bychom si to uvědomovali, přicházíme do styku každičky den. Stačí si jen večer otevřít okno, nechat rozsvícené světlo a za chvíli máme pokoj plný zástupců třídy komárovitých (*Diptera*).

Někteří ektoparazitičtí členovci žijí a rozmnožují se ve volné přírodě, třeba jako klíšťatovití (*Ixodidae*) nebo již zmínění komárovití (*Culicidae*). Jiní si vybrali jinou cestu a stali se nevítanými společníky lidí v jejich příbytcích tak jako štěnice domácí (*Cimex lectularius*). Většina ze zde popsaných druhů se živí tím způsobem, že probodává kůži a následně sají krev svého hostitele. Samičky zákožky svrabové (*Sarcoptes scabiei*) si ale hloubí chodbičky v kůži a kladou do nich snesená vajíčka.

V této práci popisování ektoparazitů se mírou škodlivostí pro člověka velmi liší. Trudník tukový (*Demodex folliculorum*) žijící v mazových žlázách velké části populace ve většině případů nepředstavuje větší zdravotnický problém. Ani ostatní druhy ve své podstatě nepředstavují zásadní problémy, neboť z valné většiny způsobují svědění a otoky kůže. Problém nastává tehdy, je-li parazit přenašečem bakterií, virů a jiných patogenních agens. V tom případě se spolu s jeho slinami mohou tyto částice dostat do těla hostitele a v nejtěžších případech způsobit hostitelovu smrt. Je proto nutné dbát jak na prevenci (očkování, různá hygienická opatření), tak i na rychlý zásah v případě zasažení. V dnešní době existuje celá řada přípravků, které nám v boji proti parazitickým členovcům pomohou.

Tato bakalářská práce může napomoci k bližšímu seznámení s běžnými lidskými ektoparazity ze skupiny členovců. Poznání jejich způsobu života, míry nebezpečnosti, prevence či řešení následků jejich parazitace by měly patřit k základním znalostem žáků

a studentů. Učitelé mohou prezentované údaje využít na rozšíření informací při probírání uvedených taxonů ve výuce.

Internetové zdroje:

URL 1 <http://www.biomach.cz/biologie-zivocichua/clenovci/vzdusnicovci/hmyz>
[25. 6. 2014]

URL 2 <http://www.biomach.cz/biologie-zivocichua/clenovci/vzdusnicovci/hmyz>
[25. 6. 2014]

URL3 http://www.vuvb.uniza.sk/Zoology/zoo_web/arthro/holomet_heteromet.jpg
[25. 6. 2014]

URL4 http://www.medirabbit.com/EN/Skin_diseases/Parasitic/Uncommon/Other_mite.htm [25. 6. 2014]

URL5 <http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140673611601037/images?imageId=gr2§ionType=green&hasDownloadImagesLink=true> [25. 6. 2014]

URL6 http://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1ko%C5%Beka_svrabov%C3%A1#mediaviewer/Soubor:Sarcoptes_scabei_2.jpg [25. 6. 2014]

URL7 http://www.neviditelnycert.cz/data/files!/users/Lucifer/Demodex_folliculorum.jpg [25. 6. 2014]

URL8 http://cs.wikipedia.org/wiki/Ve%C5%A1_%C5%A1atn%C3%AD#mediaviewer/Soubor:Body_lice.jpg [25. 6. 2014]

URL10 <http://www.biolib.cz/cz/image/id17337/> [25. 6. 2014]

URL 11 <http://www.sury.eu/caste-dotazy/97-jak-vypada-stenice-domaci-a-co-byste-otomto-nocnim-parazitu-meli-vedet/> [25. 6. 2014]

URL 12 <http://diptera.myspecies.info/taxonomy/term/1958/media> [25. 6. 2014]

URL13 http://www.faunistik.net/DETINVERT/DIPTERA/CULICIDAE/cul_sexualdimorphismus01.html [25. 6. 2014]

URL 14 <http://www.ento.csiro.au/education/insects/siphonaptera.html> [25. 6. 2014]

Použité zdroje:

ABDIGOUDARZI, M., M. S. MIRAFZALI a H. BELGHEISZADEH. Human Infestation with *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae) in a Family Referred with Pruritus and Skin Lesions. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*. 2014, roč. 8, č. 1, s. 5.

ANDERSON, A. L. a E. CHANEY. Pubic Lice (*Pthirus pubis*): History, Biology and Treatment vs. Knowledge and Beliefs of US College Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2009, roč. 6.

ANDERSON J. F. a A. MAGNARELLI L. Biology of Ticks. *Infectious Disease Clinics of North America*. 2008, roč. 22, č. 2, s. 195-215.

ANDRESKA, J. a L. HANEL. Vybrané kapitoly z autekologie a demekologie živočichů. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2009, s. 237. ISBN 978-802-4617-701.

BALVÍN, O. Štěnice naší fauny – nejen lidskou krví jsou živý. *Živa*. 2008, č. 6, s. 3. Dostupné z: http://www.mestaning.cz/stenice_nasi_fauny.pdf.

BEGON, M., J. L HARPER a C. R TOWNSEND. Ekologie: jedinci, populace a společenstva. 1. vyd. Překlad Bronislava Grygová. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1997, s. 949. ISBN 80-706-7695-7.

BOGUSCH, P. Parazitické strategie blanokřídlých. *Živa*. 2010, č. 5, s. 3. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/paraziticke-strategie-blanokridlych.pdf>.

BLAGBURN, B. L. a M. W. DRYDEN. Biology, Treatment, and Control of Flea and Tick Infestations. *Vet Clin Small Anim*. 2000, s. 1173-1200.

CAMPBELL, N. A. a J. B. REECE. Biologie. 1. vyd. Computer Press, 2006, s. 1332. ISBN 80-251-1178-4.

COUVREUR, B., C. MENTEN-DEDOYART, O. THELLIN, P. V. DRION, M. HERRY, O. JOLOIS a E. HEINEN. Influence of the Ixodes ricinus tick blood-feeding on the antigen-specific antibody response in vivo. *Vaccine*. 2008, roč. 26, č. 52, s. 6956-6964.

CRIADO, P. R., W. BELDA JUNIOR, R. F. CRIADO, R. VASCONCELOS e SILVA a C. VASCONCELLOS. Bedbugs (Cimicidae infestation): the worldwide renaissance of an old partner of human kind. *Braz J Infect Dis*. 2011, s. 7.

DI PALMA, A., A. GIANCASPERO, M. A. CAFIERO a G. S. GERMINARA. A gallery of the key characters to ease identification of Dermanyssus gallinae (Acari Gamasida: Dermanyssidae) and allow differentiation from Ornithonyssus sylvarum (Acari:Gamasida:Macronyssidae). *Parasites and Vectors*. 2012, č. 5, s. 10.

DILLINGER, S. C. a A. B. KESEL. Changes in the structure of the cuticle of Ixodes ricinus L. 1758 (Acari, Ixodidae) during feeding. *Arthropod Structure*. 2002, roč. 31, č. 2, s. 95-101. DOI: 10.1016/S1467-8039(02)00042-7. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1467803902000427>.

FLEGR, J. Evoluční biologie. 1.vyd. Praha: Academia, 2005, s. 559. ISBN 80-200-1270-2.

FLEGR, J. Zamrzlá evoluce, aneb je to jinak, pane Darwin. 1.vyd. Praha: Academia, 2007, s. 326. ISBN: 978-80-200-1453-5.

GIRIBET, G. a EDGECOMBE G. D. Reevaluating the Arthropod Tree of Life. *Annual Review of Entomology*. 2012, roč. 57: 167 -186. Dostupné z: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-ento-120710-100659>.

HAMPL, V. Diverzita parazitů. *Živa*. 2010, roč. 2010, č. 5. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/diverzita-parazitu.pdf>.

HOLZCHUH, F. G., R. Y. HIDA, B. K. MOSCOVICI, M. B. V. ALBERS, R. M. SANTO, N. KARA-JOSÉ a R. HOLZCHUH. Clinical Treatment of Ocular Demodex folliculorum by Systemic Ivermectin. *Article in press*. 2011, s. 6.

HORÁK, P. Motolice – parazitičtí červi s nejkomplicovanějšími životními cykly. *Živa*. 2010, č. 5, s. 3. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/motolice-paraziticti-cervi-s-nejkomplikovanejsimi.pdf>.

JÍROVEC, O. Parasitologie pro lékaře. vyd. 3., přepracované a rozšířené. Praha: Avicenum, 1977, s. 475, 48 s.

JEDLIČKOVÁ, H. Štěnice – návrat nezvaného hosta. *Dermatologie pro praxi*. 2011, č. 5, s. 4. Dostupné z: <http://www.dermatologiepropraxi.cz/pdfs/der/2011/04/04.pdf>.

JONGEJAN, F. a UILENBERG G. The global importance of ticks. *Cambridge journals*. 2004, roč. 129, s. 3-14. Dostupné z: http://cbpv.org.br/artigos/CBPV_artigo_017.pdf.

KOCHIN, B. F. a A. RUSTOM. Parasite Evolution and Life History Theory. *Plos biology*. 2010, č. 8, s. 4. Dostupné z: <http://www.plosbiology.org/article/fetchObject.action?uri=info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pbio.1000524&representation=PDF>.

KREDBA, V., J. HAVLÍK, K. KOUBA a J. JÍRA. Infekční a parazitární nemoci: Učebnice pro lékařské fakulty. Praha: Avicenum, 1976, s. 263.

KŮRKA, A. a V. PFLEGER. Jedovatí živočichové. Praha: Academia, 1984, s. 165.

LAŠTŮVKA, Z. a P. KREJČOVÁ. Ekologie. 1. vyd. Brno: Konvoj, 2000, s. 183. ISBN 80-856-1593-2.

LINDGREN, E., L. TÄLLEKLINT a T. POLFELDT. Impact of Climatic Change on the Northern Latitude Limit and Population Density of the Disease-Transmitting European

Tick *Ixodes ricinus*. *Environmental Health Perspectives*. 2000, roč. 108, č. 2, s. 5.

Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1637900/>.

LEWIS, E, J CAMPBELL a M SUKHDEO. The behavioural ecology of parasites.

Wallingford: Cabi Publishing, 2002, s. 358.

LOBOVSKÁ, A. Infekční nemoci. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2001, s 263. ISBN 80-246-0116-8.

MARKOVÁ, Z. a M HEJDA. Invaze původních druhů rostlin jako enviromentální problém. *Živa*. 2011, č. 1. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/invaze-nepuvodnich-druhu-rostlin-jako-environmenta.pdf>.

MATERNA, J. Výškové rozšíření klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*) v Krkonoších.

Opera Corcontica. 2012, roč. 49, s. 17. Dostupné

z: http://opera.knap.cz/index.php?Example_Session=1927e519965102fff5c6c2418aceff9c.

MATĚJOVSKÁ, T. Interakce klíště – hostitel I. Sání krve a přenos patogenu. *Živa*.

2007, č. 6, s. 3. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/interakce-kliste-hostitel-i-sani-krve-a-prenos-pat.pdf>.

MUMCUOGLU, K. Y. Is the Head Louse, *Pediculus humanus capitis* Vector of Human Diseases?. *Journal of Tropical Diseases*. 2012, č. 1, s.1. Dostupné z:

<http://esciencecentral.org/journals/is-the-head-lice-pediculus-humanus-capitis-vector-of-human-diseases-2329-891X.1000e101.pdf>.

OAKLEY, A. SCABIES: Scabies - Diagnosis and management. *Best Practice Journal*.

2009, s. 5. Dostupné z:

http://www.bpac.org.nz/BPJ/2009/february/docs/bpj19_scabies_pages_12-16.pdf.

PECH, P.. Jak na sobě naši mravenci sociálně parazitují. *Živa*. 2008, č. 6, s. 3. Dostupné

z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/jak-na-sobe-nasi-mravenci-socialne-parazituji.pdf>.

Pokorný, Vladimír. Atlas hmyzu. 1. vyd. Praha 2004, s. 71. ISBN 80-7185-658-4.

PŘIDAL, A. Parazitismus, nemoci včel a názvosloví živočichů. *Moderní včelař*. 2007, č. 1. Dostupné z: <http://user.mendelu.cz/apridal/text/c024.pdf>.

RADOLF, J. D a D. SAMUELS. Borrelia: molecular biology, host interaction, and pathogenesis. Norfolk, UK: Caister Academic Press, 2010, s. 547. ISBN 19-044-5558-1.

REICHHOLF, J. a G. STEINBACH. Zoologická encyklopedie: Pavoukovci a další bezobratlí. 1. vyd. Praha: Knižní klub, 2003. s. 152. ISBN: 80-242-1114-9.

RIABI, H R. A. a A-R. ATARODI. Epidemiological and Clinical Study of Infested Cases with Pediculus capitis and P. corporis in Khorasan-e-Razavi, Iran. *Iranian J Parasitol*. 2012, č. 7. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3488826/>.

ROSICKÝ, B. Lékařská entomologie a životní prostředí. 1. vyd. Praha: Academia, 1989, s. 437.

ROSICKÝ, B. a M. DANIEL,. Lékařská entomologie a životní prostředí: celost. vysokoškolská příručka pro lék. fakulty. 1. vyd. Praha: Academia, 1989, 437 s.

RUEDA, L. M. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera. *Hydrobiologia*. 2008, vol. 595, č. 1, s. 477-487. DOI: 10.1007/s10750-007-9037-x. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10750-007-9037-x>.

RUPEŠ, V. a J. VLČKOVÁ. Veš dětská, pedikulóza a možnosti odvšivování. *New EU Magazine of Medicine*. 2011, č. 4, s. 7. Dostupné z: http://www.neumm.cz/public/img/neumm_11_03/01.pdf.

SEDLÁK, E. Zoologie bezobratlých. 2. přepracované vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2005, s. 336. ISBN 80-210-2396-1.

SERVICE, M. Medical entomology for students. 3rd ed. New York: Cambridge University Press, 2004, s. 285. ISBN 05-215-4775-X.

SMRŽ, J. Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů. 1.vyd. Praha: Karolinum, 2013, s. 192. ISBN 978-802-4622-583.

SPEISER, B., J. G. ZALLER a A. NEUDECKER. Size-specific susceptibility of the pest slugs *Deroceras reticulatum* and *Arion lusitanicus* to the nematode biocontrol agent *Phasmarhabditis hemaphrodita*. *BioControl*. 2001, č. 46, s. 311-320.

VALIENTE MORO, C., L. ZENNER. Vectorial role of some dermanyssoid mites (Acari, Mesostigmata, Dermanyssoidea). *Parasite*. 2005, č. 12, s. 11.

VALIENTE MORO, C. C. J. LUNA, A. TOD, J. H. GUY, A. Olivier, E. SPARAGANO a L. ZENNER. The poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*): a potential vector of pathogenic agents. *Experimental and Applied Acarology*. 2009, roč. 48, s. 93-104. DOI: 10.1007/s10493-009-9248-0. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10493-009-9248-0>.

VENCLIKOVÁ, K., I. RUDOLF, J. MENDEL, L. BETASOVÁ a Z. HUBÁČEK. Rickettsiae in questing *Ixodes ricinus* ticks in the Czech Republic. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 2015, č. 5, s. 4.

VESELOVSKÝ, Z. Etologie: biologie chování zvířat. 1. vyd. Praha: Academia, 2005, s. 407. ISBN 80-200-1331-8.

VOLF, P. a P. HORÁK. Paraziti a jejich biologie. 1. vydání. ČR/SR: Triton, 2007. ISBN 978-80-7387-088-9.

WANG, C. a K. SALTZMANN. Characteristics of *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae), Infestation and Dispersal in a High-Rise Apartment Building. *Journal of Economic Entomology*. 2010-02-01, roč. 103, č 1, s. 6. DOI: 10.1603/EC09230.

WEEMS, H. V., J. FASULO a T. R. FASULO. Crab Louse, *Pthirus pubis* (Linnaeus) (Insecta: Phthiraptera (Anoplura): Pediculidae). 1999b, s. 4. Dostupné z:

http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/crab_louse.htm.

WEEMSa, H. V., Jr. FASULO a T. R. FASULO. Human Lice: Body Louse, *Pediculus humanus humanus* Linnaeus and Head Louse, *Pediculus humanus capitis* De Geer (Insecta: Phthiraptera (=Anoplura): Pediculidae). 1999a, s. 4. Dostupné z:

http://entnemdept.ifas.ufl.edu/creatures/urban/human_lice.htm.

WESOŁOWSKA, M., B. KNYSZ, A. REICH, D. BLAZEJEWSKA, M. CZARNECKI, A. GLADYSZ, A. POZOWSKI a M. MISIUK-HOJLO. Prevalence of *Demodex* spp. in eyelash follicles in different populations. *Clinical research*. 2014, č. 2, s. 6. Dostupné z:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4042053/>.

WEEMS, H. V., J. FASULO a T. R. FASULO. Crab Louse, *Pthirus pubis* (Linnaeus) (Insecta: Phthiraptera (Anoplura): Pediculidae). 1999, s. 4. Dostupné z:

http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/crab_louse.htm.

ZAHRADNÍK, J. Hmyz. 1. vyd. Praha: Aventinum, 2004, s. 326. ISBN 80-868558-01-4.

ZHANG, ZQ. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* . 2011, roč. 3148, s. 1–237.

ZHANG, R. Characterization and evaluation of a *Sarcoptes scabiei* allergen as a candidate vaccine. *Parasites and Vectors*. 2012, č. 5, s. 9. Dostupné z:

<http://www.parasitesandvectors.com/content/5/1/176>.

ZHAO, J. Midgut bacteria required for *Bacillus thuringiensis* insecticidal activity. 2006, roč. 103, s. 4. DOI: 10.1073. Dostupné z:

<http://www.pnas.org/content/103/41/15196.full>.